



**André Gomes Ribeiro**

Licenciatura em Engenharia Química e Bioquímica

## **Otimização da Etapa de Desidratação de Lamas da ETAR de Chelas**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Química e Bioquímica

Orientador: Ana Catarina Fernandes Pécurto, Eng<sup>a</sup>,  
AdTA S.A

Co-orientador: Dr. Mário Fernando José Eusébio, Prof.  
Auxiliar, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Dra. Maria Madalena Dionísio Andrade, Prof. Auxiliar, FCT-UNL

Arguente: Dr. Pedro Miguel Calado Simões, Prof. Auxiliar, FCT-UNL

Vogal: Ana Catarina Fernandes Pécurto, Eng<sup>a</sup>, AdTA S.A



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Setembro, 2018**





**André Gomes Ribeiro**

Licenciatura em Engenharia Química e Bioquímica

## **Otimização da Etapa de Desidratação de Lamas da ETAR de Chelas**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Química e Bioquímica

Orientador: Ana Catarina Fernandes Pécurto, Eng<sup>a</sup>,  
AdTA S.A

Co-orientador: Dr. Mário Fernando José Eusébio, Prof.  
Auxiliar, FCT-UNL

Júri:

Presidente: Dra. Maria Madalena Dionísio Andrade, Prof. Auxiliar, FCT-UNL

Arguente: Dr. Pedro Miguel Calado Simões, Prof. Auxiliar, FCT-UNL

Vogal: Ana Catarina Fernandes Pécurto, Eng<sup>a</sup>, AdTA S.A



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Setembro, 2018**



## **Otimização da Etapa de Desidratação de Lamas da ETAR de Chelas**

Copyright © André Gomes Ribeiro, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## **Agradecimentos**

O presente trabalho retrata o culminar de um esforço que não conseguiria ter concretizado sem o apoio de algumas pessoas.

À minha família, amigos e colegas, um obrigado por toda a compreensão e ajuda que demonstraram ao longo desta etapa da minha vida.

### Por parte da Faculdade de Ciências e Tecnologias:

Ao Professor Doutor Mário Eusébio, por ter possibilitado a realização deste estágio numa unidade fabril e ainda, por todos os ensinamentos e dedicação que demonstrou ao longo do curso.... Obrigado.

### Por parte da AdTA, S.A – ETAR de Chelas:

À minha orientadora Engenheira Ana Catarina Pécurto, responsável pela supervisão do estágio, gostaria de agradecer, todo o apoio, orientação e disponibilidade que me deu ao longo de todo o estágio.... Obrigado.

E não menos importante, aos Operadores da ETAR de Chelas, ao eletricista Rui Marques, ao mecânico Carlos Costa, à Dona Teresa Leitão e à secretária Filomena Hipólito, pela vossa colaboração prestada, um muito Obrigado.

### Por Parte da SNF-Ambientagua - Técnicas de Tratamentos de Águas, Lda.:

Ao Engenheiro Miguel Moreira, pela total disponibilidade que demonstrou sempre que tive algum problema e ainda, por todos documentos que me facultou.... Obrigado.

Mais uma vez a todos os que me ajudaram e me apoiaram ao longo deste percurso um Muito Obrigado!





## Resumo

O presente trabalho de dissertação foi integrado num estágio curricular efetuado na empresa AdTA, S.A, mais concretamente na ETAR de Chelas. O principal objetivo deste estudo foi a otimização do funcionamento da Etapa de Desidratação de Lamas a nível de doseamento de reagentes, Poliacrilamida Catiónica (floculante), no órgão de tratamento respetivo, Decantador Centrífugo, reduzindo ao máximo o teor de humidade das lamas, com vista à redução de consumos e custos de exploração.

O trabalho de campo foi realizado durante os meses de Maio a Agosto de 2018, através da determinação de dosagens ótimas, ensaios *Jar Test* (Método do Copo) e de ensaios industriais no órgão em causa. O estudo de otimização centrou-se numa abordagem sistemática de diferentes variáveis, que influenciam diretamente o funcionamento da desidratação: carga/caudal de alimentação de lama, dosagem de floculante, ajuste dos parâmetros de funcionamento da centrífuga, para taxas de captura superiores a 95 %. Foram definidos dois cenários de estudo: Cenário 1- Utilização do floculante Poliacrilamida Catiónica em Pó e Cenário 2 - Utilização do floculante Poliacrilamida Catiónica em Emulsão.

Posteriormente aos ensaios industriais, a análise efetuada permitiu concluir que, o doseamento proposto para o Polieletrólito em Pó é de 10,8 kg<sub>PE</sub>/ton<sub>MS</sub> com Binário de 15 %; e 20,7 kg<sub>PE</sub>/ton<sub>MS</sub> para Polieletrólito em Emulsão com Binário a 40 %. Os resultados do programa de otimização do Decantador Centrífugo revelaram que a secura da Lama Desidratada foi melhorada, onde houve incremento da concentração de sólidos de 16,2 % para 21,5 %, onde houve um ganho de 33 % na matéria seca com a alteração para o floculante em Emulsão.

Em termos económicos, estes valores contribuem para um potencial de poupança mensal de 5920 € em custos de transporte, proporcionando uma poupança média de 37 €/ton<sub>MS</sub>, com a alteração para o floculante em Emulsão.

**Palavras - chave:** Desidratação, Lama, Floculante, Decantador Centrífugo, Otimização e Potencial de Poupança.



## Abstract

The present dissertation was integrated into a curricular internship performed at the company AdTA, S. A, more specifically at the Chelas Waste Water Treatment Plant. The main objective of this study was the optimization of the operation Sludge Dewatering Step at the level of determination of reagents, Polyacrylamide Cationic (flocculant), in the respective treatment organ, Centrifuge Decanter, by diminishing, to the maximum, the content water of sludge, with a view to solving procedural problems with implications for the efficiency of the installation's overall treatment and reduction of consumption and costs.

The work field was carried out during the month of May to August 2018, through the determination of optimal dosages, *Jar Test* tests (beaker method) and industrial tests on the concerned organ. The optimization study focused on a systematic approach of different variables, which directly influence the functioning of dewatering: load/flow of sludge feeding, dosage of flocculant, adjustment of the operating parameters of the Centrifuge, for catch rates exceeding 95 %. Two study scenarios were defined: Scenario 1 - Use of flocculant Polyacrylamide Cationic Powder and Scenario 2 - use of flocculant Polyacrylamide Cationic in Emulsion.

Subsequently to the industrial tests, the analysis made it possible to conclude that the proposed dosing for PE Powder is 10,8 kg<sub>PE</sub>/ton<sub>MS</sub> and a Binary of 15 %; and 20,7 kg<sub>PE</sub>/ton<sub>MS</sub> for PE in Emulsion with Binary of 40 %. The results of the Centrifuge Decanter optimization program revealed that the dryness of Dewater Sludge was improved, where there was increased concentration of solids from 16,2 % to 21,5 %, where there was a 33 % gain in dry matter with the alteration to the flocculant in Emulsion.

In economics terms, these values contribute to a monthly savings potential of 5920 € in transport costs, providing an average savings of 37€/ton<sub>MS</sub>, with the alteration to the flocculant in Emulsion.

**Keywords:** Dewatering, Sludge, Flocculant, Centrifuge, Optimization and Potential for Savings.



# Índice de Matérias

<b>1. ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.2. OBJETIVO/MOTIVAÇÃO .....	2
<b>2. INTRODUÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>5</b>
2.1. ETAR DE CHELAS.....	5
2.1.1. FILEIRA DE TRATAMENTO .....	5
2.1.2. TRATAMENTO DA FASE LÍQUIDA.....	7
2.1.3. TRATAMENTO DA FASE SÓLIDA.....	11
2.1.4. PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO.....	16
2.2. IMPUREZAS NAS ÁGUAS RESIDUAIS .....	23
2.3. FORÇAS DE INTERAÇÃO ENTRE PARTÍCULAS .....	26
2.3.1. DUPLA CAMADA ELÉTRICA .....	26
2.3.2. POTENCIAL ZETA .....	27
2.3.3. TEORIA DLVO (DERJAGIN, LANDAU, VERWEY E OVERBEEK) .....	28
2.4. PARTÍCULAS DESTABILIZADAS .....	28
2.4.1. MECANISMO DE FLOCULAÇÃO .....	29
2.4.2. MASSA MOLAR .....	31
2.4.3. ESTRUTURA MOLECULAR .....	31
<b>3. ETAR DE CHELAS.....</b>	<b>35</b>
3.1. TRATAMENTO DE LAMAS – ETAPA DE DESIDRATAÇÃO .....	35
3.1.1. UNIDADE DE PREPARAÇÃO DE PE .....	36
3.1.2. UNIDADE DE CENTRIFUGAÇÃO.....	39
3.1.3. MISTURADOR CAL/LAMAS .....	41
3.1.4. UNIDADE DE ARMAZENAGEM .....	43
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>47</b>
4.1. METODOLOGIA DOS ENSAIOS.....	47
4.2. ENSAIOS LABORATORIAIS.....	47
4.3. ENSAIOS INDUSTRIAIS.....	50
4.4. MÉTODO DE CÁLCULOS AUXILIARES .....	53
4.4.1. RÁCIO .....	53
4.4.2. CARGA MÁSSICA .....	53
4.4.3. DOSE DE PE NO DC .....	53
4.4.4. TAXA DE CAPTURA DO DC .....	53
<b>5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....</b>	<b>55</b>
5.1. ENSAIOS <i>JAR TEST</i> (MÉTODO DO COPO).....	55
5.1.1. PE EM PÓ .....	55
5.1.2. PE EM EMULSÃO .....	55
5.2. ENSAIOS INDUSTRIAIS.....	55
5.2.1. PE EM PÓ .....	56
5.2.2. PE EM EMULSÃO .....	63
5.3. ESTUDO ECONÓMICO.....	68

<b>6. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHO FUTURO .....</b>	<b>71</b>
<b>6.2. SUGESTÕES PARA DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....</b>	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO A - PROCEDIMENTO E PROTOCOLO <i>JAR TEST</i>.....</b>	<b>79</b>
ANEXO A.1 - PREPARAÇÃO DE SOLUÇÃO DE PE EM PÓ E EMULSÃO .....	80
ANEXO A.2 – MÉTODO DO COPO ( <i>BEAKER METHOD</i> ) .....	82
<b>ANEXO B - FICHAS DE ESPECIFICAÇÃO DOS REAGENTES DA ETAPA DE DESIDRATAÇÃO.....</b>	<b>84</b>
ANEXO B.1 - FICHA DE ESPECIFICAÇÃO DA PAM CATIÓNICA EM PÓ AMBIFLOC® AP 1000 P * .....	85
ANEXO B.2 - FICHA DE ESPECIFICAÇÃO DA PAM CATIÓNICA EM EMULSÃO AMBIFLOC® AP 300 EM...93	
<b>ANEXO C - ENSAIOS <i>JAR TEST</i> (MÉTODO DO COPO).....</b>	<b>102</b>
ANEXO C.1 - PE EM PÓ .....	103
ANEXO C.2 - PE EM EMULSÃO .....	105
<b>ANEXO D - ENSAIOS INDUSTRIAIS .....</b>	<b>107</b>
ANEXO D.1 - PE EM PÓ .....	108
ANEXO D.2 - PE EM EMULSÃO .....	114

## Índice de Figuras

Figura 1.1 - Fotografia panorâmica da ETAR de Chelas.....	3
Figura 2.1 - Esquema do processo de tratamento da linha líquida da ETAR de Chelas.....	6
Figura 2.2 - Esquema do processo de tratamento da linha sólida da ETAR de Chelas.....	6
Figura 2.3 - Grades com 100 mm de espaçamento.....	7
Figura 2.4 - Desarenador/desengordurador.....	8
Figura 2.5 - Decantador Retangular Lamelar.....	9
Figura 2.6 - Decantador Secundário. ....	10
Figura 2.7 - Filtração por filtros de areia.....	11
Figura 2.8 - Distribuição da água nas partículas de lama.....	15
Figura 2.9 - Trajetória crítica das partículas no DC.....	17
Figura 2.10 - Esquema do funcionamento de um DC em co-corrente.....	20
Figura 2.11 - Esquema de um DC de operação em contracorrente.....	20
Figura 2.12 - Fase líquida a percorrer o caminho helicoidal formado pelo parafuso (fase líquida flui para a esquerda) .....	21
Figura 2.13 - Parafuso com aberturas axiais.....	22
Figura 2.14 - Classificação e gamas das dimensões das partículas.....	24
Figura 2.15 - Representação esquematizada das dispersões eletrostática, estérica e eletroestérica.....	24
Figura 2.16 - Possíveis estados de materiais particulados.....	25
Figura 2.17 - Interação entre partícula coloidal e água de hidratação em sistemas aquosos.....	25
Figura 2.18 - Representação esquemática da DCE nas vizinhanças de uma interface sólido-líquido.....	27
Figura 2.19 - Configuração esquemática da DCE.....	27
Figura 2.20 - Energia Potencial da interação entre partículas coloidais (teoria DLVO).....	28
Figura 2.21 - Representação esquemática da ponte catiónica.....	30
Figura 2.22 - Representação esquemática do processo de Floculação.....	30
Figura 2.23 - Mecanismo adsorção e formação de pontes de ligação, onde a) mistura, b) adsorção, c) rearranjo das cadeias adsorvidas e d) floculação por “mecanismo de ponte” .....	31
Figura 2.24 - Representação do <i>stress</i> aplicado no PE Linear vs Reticulado.....	32
Figura 2.25 - Representação esquemática das cargas bloqueadas nos PE Reticulados.....	32
Figura 3.1 - Esquema da Etapa de Desidratação de Lamas da ETAR de Chelas.....	35
Figura 3.2 - Cuba de preparação de PE.....	37
Figura 3.3 - Tremonha equipada com parafuso doseador para PE em Pó.....	37
Figura 3.4 - Bomba doseadora de PE em Emulsão.....	37
Figura 3.5 - Bombas doseadoras de parafuso excêntrico para os DC. ....	38
Figura 3.6 - Esquema da Unidade de Preparação de PE.....	39
Figura 3.7 - Esquema da unidade de centrifugação.....	39
Figura 3.8 - DC <i>GUINARD</i> , modelo D 4 LC 30 B HP.....	40
Figura 3.9 - Caudalímetro. ....	40
Figura 3.10 - Parafuso do DC.....	41
Figura 3.11 - Saída do Clarificado.....	41
Figura 3.12 - Misturadora cal/lamas.....	42
Figura 3.13 - Tremonha e vibrador de cal.....	42
Figura 3.14 - Unidade de armazenamento do PE. ....	43
Figura 3.15 - Tanque de lamas digeridas e Bombas de parafuso excêntrico relativa alimentação do DC. ....	44
Figura 3.16 - Parafusos excêntricos para transporte de lama desidratada. ....	44
Figura 3.17 - Silo de lamas desidratadas. ....	45
Figura 3.18 - Sistema de controlo do enchimento da galera.....	45
Figura 4.1 - Representação esquemática do Método do Copo.....	48
Figura 4.2 - Balança de Secagem da Kern & Sohn GMBH (D-72336, Alemanha) modelo DBS 60,3. ....	49
Figura 4.3 - Medidor de pH da Metrohm 744.....	49
Figura 4.4 - Viscosímetro rotacional Brookfield da Fungilab.....	50
Figura 4.5 - Quadro de controlo do Binário do DC.....	51
Figura 4.6 - Quadro de controlo da Bomba de Lama Digerida (Alimentação) .....	51
Figura 4.7 - Quadro de controlo da Bomba de PE.....	51
Figura 4.8 - Amostra de Lama Digerida.....	52

Figura 4.9 - Amostra de Lama Desidratada.....	52
Figura 5.1 - Resposta do DC à variação do $Q_{Lama}$ durante o Teste 1 com os seguintes parâmetros: $Q_{PE}$ 1,16 m <sup>3</sup> /h; Binário 13 %; Consumo <sub>PE</sub> 0,4 kg/h.....	57
Figura 5.2 - Carga mássica do DC durante Teste 1 com os seguintes parâmetros: MS Lama Digerida 2,4 %.....	57
Figura 5.3 - Resposta do DC à variação do consumo de PE durante o Teste 2 com os seguintes parâmetros: $Q_{Lama}$ 12 m <sup>3</sup> /h; Carga Mássica 280 kg/h; Binário 13 %.....	58
Figura 5.4 - Dose de PE no DC durante o Teste 2 com os seguintes parâmetros: $Q_{Lama}$ 12 m <sup>3</sup> /h; Carga Mássica 280 kg/h.....	59
Figura 5.5 - Efeito da variação do Binário no DC em relação à % MS durante o Teste 3 com os seguintes parâmetros: $Q_{Lama}$ 12 m <sup>3</sup> /h; Carga Mássica 280 kg/h; $Q_{PE}$ 1,6 m <sup>3</sup> /h Consumo <sub>PE</sub> 5,6 kg/h; Dose <sub>PE</sub> 10 kg/ton <sub>MS</sub> .....	60
Figura 5.6 - Resposta do DC à variação do consumo de PE durante o Teste 4 com os seguintes parâmetros: $Q_{Lama}$ 12 m <sup>3</sup> /h; Carga Mássica 285 kg/h; Binário 25 %.....	61
Figura 5.7 - Dose de PE no DC durante o Teste 4 com os seguintes parâmetros: $Q_{Lama}$ 12 m <sup>3</sup> /h; Carga Mássica 298 kg/h; Binário 21 %.....	62
Figura 5.8 - Dose de PE no DC durante o Teste 5 com os seguintes parâmetros: $Q_{Lama}$ 12 m <sup>3</sup> /h; Carga Mássica 298 kg/h; Binário 21 %.....	63
Figura 5.9 - Efeito da variação do Binário no DC em relação à % MS durante o Teste 1 com os seguintes parâmetros: $Q_{Lama}$ 15 m <sup>3</sup> /h; Carga Mássica 369 kg/h; $Q_{PE}$ 2,2 m <sup>3</sup> /h Consumo <sub>PE</sub> 3,7kg/h; Dose <sub>PE</sub> 10,4 kg/ton <sub>MS</sub> .....	64
Figura 5.10 - Resposta do DC à variação do consumo de PE, juntamente com variação do Binário, durante o Teste 2 com os seguintes parâmetros: $Q_{Lama}$ 12 m <sup>3</sup> /h; Carga Mássica 296 kg/h; Binário 40 % e 42,5 % para o 1º e 2º ponto, respetivamente, e 42,5 e 45 para 3º e 4º ponto, respetivamente.....	65
Figura 5.11 - Resposta do DC à variação do consumo de PE durante o Teste 3 com os seguintes parâmetros: $Q_{Lama}$ 12 m <sup>3</sup> /h; Carga Mássica 270 kg/h; Binário 40 %.....	66
Figura 5.12 - Dose de PE no DC durante o Teste 3 com os seguintes parâmetros: $Q_{Lama}$ 12 m <sup>3</sup> /h; Carga Mássica 270 kg/h; Binário 40 %.....	67
Figura 5.13 - Resposta do DC à variação do consumo de PE durante o Teste 4 com os seguintes parâmetros: $Q_{Lama}$ 11 m <sup>3</sup> /h; Carga Mássica 264 kg/h; Binário 35 %.....	68
Figura 5.14 - Representação gráfica em relação à % Matéria Seca e Custos Totais em função do uso de Polímero em Pó vs Emulsão.....	70



## Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Etapas relativas ao Pré-Tratamento.....	7
Tabela 2.2 - Etapas relativas ao Tratamento Primário.....	8
Tabela 2.3 - Etapas relativas ao Tratamento Secundário.....	10
Tabela 2.4 - Etapa relativa ao Tratamento Terciário.....	10
Tabela 2.5 - Etapas relativas ao Tratamento da Fase Sólida da ETAR de Chelas.....	12
Tabela 2.5 - Etapas relativas ao Tratamento da Fase Sólida da ETAR de Chelas (conti.).....	13
Tabela 2.6 - Tabela relativa aos parâmetros ajustáveis nos DC.....	23
Tabela 2.7 - Tabela relativa às Vantagens e Desvantagens entre PE Linear vs Reticulado.....	33
Tabela 5.1 - Custo das despesas durante a ED.....	69
Tabela 6.1 - Tabela referente aos parâmetros admissíveis para PE em Pó e em Emulsão.....	71
Tabela 6.1 - Tabela referente aos parâmetros admissíveis para PE em Pó e em Emulsão (conti.) .....	72
Tabela 6.2 - Resumo dos parâmetros e custos totais/tonMS para Polímero em Pó e Emulsão.....	73
Tabela C.1 – Resultados do <i>Jar Test</i> em relação ao PE em Pó.....	104
Tabela C.2 – Resultados do <i>Jar Test</i> em relação ao PE em Emulsão.....	106
Tabela D.1 - Registo Parâmetros Processuais para PE em Pó (Teste 1) .....	109
Tabela D.2 - Registo Parâmetros Processuais para o PE em Pó (Teste 2) .....	110
Tabela D.3 - Registo Parâmetros Processuais para o PE em Pó (Teste 3) .....	111
Tabela D.4 - Registo Parâmetros Processuais para o PE em Pó (Teste 4) .....	112
Tabela D.5 - Registo Parâmetros Processuais para o PE em Pó (Teste 5) .....	113
Tabela D.6 - Registo Parâmetros Processuais com PE em Emulsão durante o mês de Julho.....	115
Tabela D.7 - Registo Parâmetros Processuais com PE em Emulsão durante o mês de Agosto.....	116
Tabela D.8 - Registo Parâmetros Processuais com PE em Emulsão durante o mês de Agosto e Setembro.....	117



## **Lista de Acrónimos e Siglas**

### Empresa:

AdP	Grupo Águas de Portugal
AdTA	Águas do Tejo Atlântico, S.A
EPAL	Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
EE	Estação Elevatória

### Física e Química:

ED	Etapa de Desidratação
DC	Decantador Centrífugo
PAM	Poliacrilamida
DCE	Dupla Camada Elétrica
DLVO	Teoria de Derjaguin, Landau, Verwey e Overbeek
ST	Sólidos Totais, g/l
SST	Sólidos Suspensos Totais, mg/l
SV	Sólidos Voláteis, g/l
MS	Matéria Seca, %
PE	Polieletrólito
Q	Caudal, kg/h
CBO <sub>5</sub>	Carência Bioquímica de Oxigénio
CQO	Carência Química de Oxigénio

### Unidades:

rpm	Rotações por minuto
kNm	Quilonewton-metro.



# 1. Enquadramento e Motivação

A água é fundamental para o planeta. A sua existência permitiu que pudessem surgir as primeiras formas de vida e a partir destas que se formassem as formas terrestres. Sem água a sobrevivência destes organismos seria impossível.

Com o grande crescimento populacional que se tem registado ao longo dos anos, acompanhado do desenvolvimento industrial e socioeconómico das últimas décadas, têm conduzido a uma produção crescente de resíduos. Os resíduos produzidos nas diversas atividades humanas das sociedades atuais provocam severos problemas ambientais em todo o mundo, todavia, tem sido consumado um esforço para a redução da produção destes resíduos o que ocorre em vários cenários, entre prevenção, recuperação de produtos com valor, destruição e deposição final, sendo o objetivo final não comprometer e até melhorar a qualidade dos meios recetores [1, 13].

Há cerca de 8,4 milhões de habitantes em Portugal servidos com sistemas de saneamento, sendo captados cerca de 619 milhões de m<sup>3</sup> de águas residuais por ano [23]. Da atividade industrial resultam também vários milhões de m<sup>3</sup> de efluentes líquidos que precisam ser tratados. Com o objetivo de erradicar situações comprometedoras de salubridade, o conceito de saneamento de águas residuais em Portugal, definido nas últimas décadas, passou a reger-se pelos princípios e padrões internacionalmente estabelecidos. Nesta ótica, tornou-se indispensável a implementação e manutenção de sistemas devidamente regulamentados que assegurem um serviço de qualidade de vida, higiene, saúde pública, preservação ambiental e até com a valorização de destinos turísticos, ganham uma maior importância com o crescimento das áreas urbanas [1-7, 9].

Certas unidades industriais detêm estruturas próprias de tratamento de efluentes, ao passo que outras empregam o sistema drenagem urbano para tratar os seus efluentes. Após a recolha, os efluentes líquidos são encaminhados para instalações denominadas ETAR.

Desde 1986, muitas têm sido as Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) que têm vindo a iniciar a atividade em Portugal. Estas unidades possuem um papel muito importante na preservação do meio ambiente. Os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos múltiplos órgãos de tratamento (equipamentos e instalações) possibilitam o tratamento de efluentes residuais urbanos ou industriais, de forma regular, contínua e eficiente, garantindo assim, que os mesmos possam ser posteriormente devolvidos ao meio ambiente sem que venham a provocar impactos negativos na saúde pública, na qualidade do meio e na biosfera [1-3].

No entanto com o aumento do tratamento de águas residuais, aumentou também a produção de resíduos associados a este tratamento, a que se dá o nome de lamas. Estas lamas, com

características qualitativas e quantitativas que dependem do tipo de efluente tratado e do tipo de processo que as produzem, e às quais importa dar um destino adequado [1]. Mas qual é a maneira mais económica de encaminhar as lamas a um destino adequado?

As lamas resultantes das operações e processos de tratamento de águas residuais encontram-se sob a forma de um líquido ou de um líquido semissólido que contém normalmente uma percentagem de sólidos na ordem dos 0,25% a 12%, valores estes que variam de acordo com os tipos de tratamento e de operações utilizados [5].

Estas lamas constituem um resíduo, à luz da legislação nacional e europeia em vigor, necessitando assim de ser devidamente eliminadas ou valorizadas [13].

A gestão destas lamas produzidas nas ETARs tem vindo a agravar-se nos últimos anos, dado o aumento significativo destas, o que fez com que se tornasse num tema de extrema importância em toda a União Europeia e se apresentasse como um grande desafio para o desenvolvimento de novas tecnologias que visam o seu tratamento. A lama obtida através dos métodos tradicionais de tratamentos de águas residuais contém um elevado teor de humidade, sendo que o seu encaminhamento posterior a destino final acarreta grande parte dos custos associados ao funcionamento das estações [1]. As práticas de gestão e tratamento das lamas desenvolvidas nas últimas décadas envolvem uma filosofia que passa, naturalmente, pela minimização dos custos de deposição final, através da utilização de processos de desidratação que visem a redução ao máximo do volume de lamas produzidas.

Sendo assim, as lamas produzidas pelas estações de tratamento de águas residuais são normalmente processadas para reduzir o seu teor de humidade de forma a facilitar o seu manuseamento, transporte e armazenamento, o seu poder de fermentação, responsável pela formação de gases e odores desagradáveis, e a presença de patogénicos. Em vista disso, serão enviadas para o destino final e valorizadas como corretivo agrícola [6].

## **1.2. Objetivo/Motivação**

A presente dissertação trata sobre um resíduo produzido nas ETAR, as lamas de depuração, resultantes no tratamento de efluentes residuais urbanos. Esta foi realizada em contexto empresarial, durante o período de estágio curricular na ETAR de Chelas - Águas do Tejo Atlântico S.A (Figura1.1), empresa de capitais públicos com gestão delegada atribuída ao Grupo AdP - Águas de Portugal S.A.

Dadas as conjunturas económico-financeiras difíceis a que o País atravessa, e que acarreta uma limitação do orçamento para as despesas dos serviços públicos, considerou-se relevante compreender a influência que o desempenho dos sistemas de desidratação de lamas tem nos custos de tratamento nas Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR).

Em suma, o objeto de estudo desta dissertação é apoiado num caso real - a optimização da Etapa de Desidratação da ETAR de Chelas (doseamento do floculante, PE, em DC, na tentativa de diminuição dos consumos energéticos e de reagentes, mediante todas as alterações e modos de funcionamento) - com especial enfoque:

- Ensaios laboratoriais e industriais, sendo possível comparar dois cenários diferentes, uso de PE em Pó e uso de PE em Emulsão;
- Aferir se a optimização foi executada de uma forma correta e controlada;
- Redução dos custos de exploração, sem alterar a eficiência do tratamento efetuado.



Figura 1.1 - Fotografia panorâmica da ETAR de Chelas [3].





## **2. Introdução Teórica**

### **2.1. ETAR de Chelas**

#### **2.1.1. Fileira de Tratamento**

O tratamento integrado de águas residuais domésticas e industriais implica uma adaptação do tratamento às características das águas afluentes, principalmente das águas residuais industriais que podem apresentar uma composição muito variada, dependendo do tipo de indústria de onde provém [1]. A escolha de um sistema de tratamento é determinada por diversos fatores como as características quantitativas e qualitativas das águas residuais, a localização do sistema e os objetivos de qualidade que se pretendem impor [2].

Os efluentes líquidos urbanos ou industriais podem conter diversos poluentes orgânicos e inorgânicos, bem como microrganismos patogénicos, pelo que exigem tratamentos específicos, de forma a puderem ser descarregados, posteriormente para meio recetor sem por em causa a sua qualidade.

O tratamento de águas residuais apresenta duas fases distintas mas interligadas: i) uma correspondente ao tratamento da fase líquida, com o principal objetivo de tratar a água residual de modo a cumprir as condições estabelecidas na licença de descarga, para posterior restituição ao meio recetor; e ii) uma outra correspondente ao tratamento da fase sólida, onde é realizado o tratamento adequado aos sólidos removidos da água residual na fase líquida. Suplementarmente torna-se necessário o tratamento de odores resultantes destes processos de tratamento [1, 3].

Os tratamentos exercidos na fase líquida são fundamentalmente de natureza física, química e biológica, que normalmente são designados por operações unitárias.

Nas operações físicas prevalecem só processos físicos, isto é, sem qualquer adição de reagentes apenas separações ou elevações de águas fisicamente. Os processos químicos pressupõem adição de reagentes e de ocorrência de reacções químicas, enquanto que nos processos biológicos predomina a atividade biológica, de modo a promover a remoção de matéria orgânica biodegradável.

O tratamento de águas residuais que se efetiva na ETAR de Chelas decorre em várias operações unitárias, nas quais se evidenciam: pré-tratamento; tratamento primário; tratamento secundário/biológico; tratamento terciário (afinação); tratamento da fase sólida (lamas); e, desodorização química. Em seguida, são mostrados os diagramas lineares relativos às etapas de tratamento efetuadas de ambas as fases, líquida e sólida, na ETAR de Chelas (Figura 2.1 e 2.2) [3].

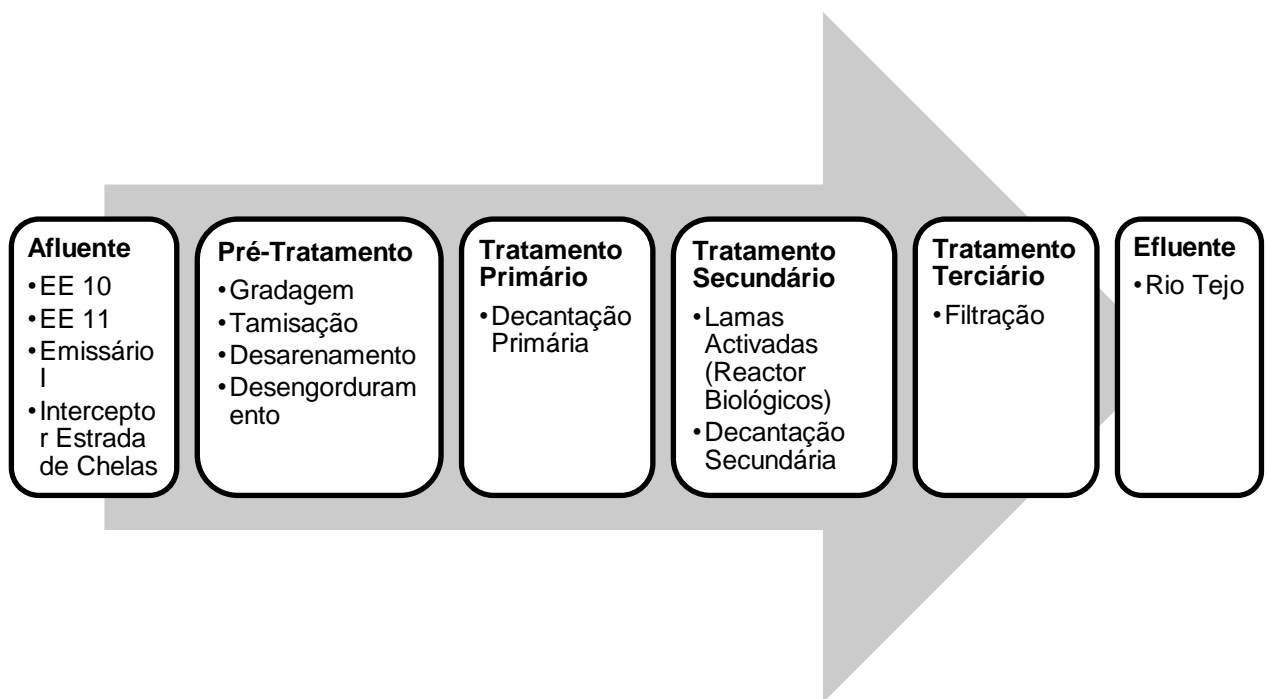


Figura 2.1 - Esquema do processo de tratamento da linha líquida da ETAR de Chelas (adaptado de [3]).

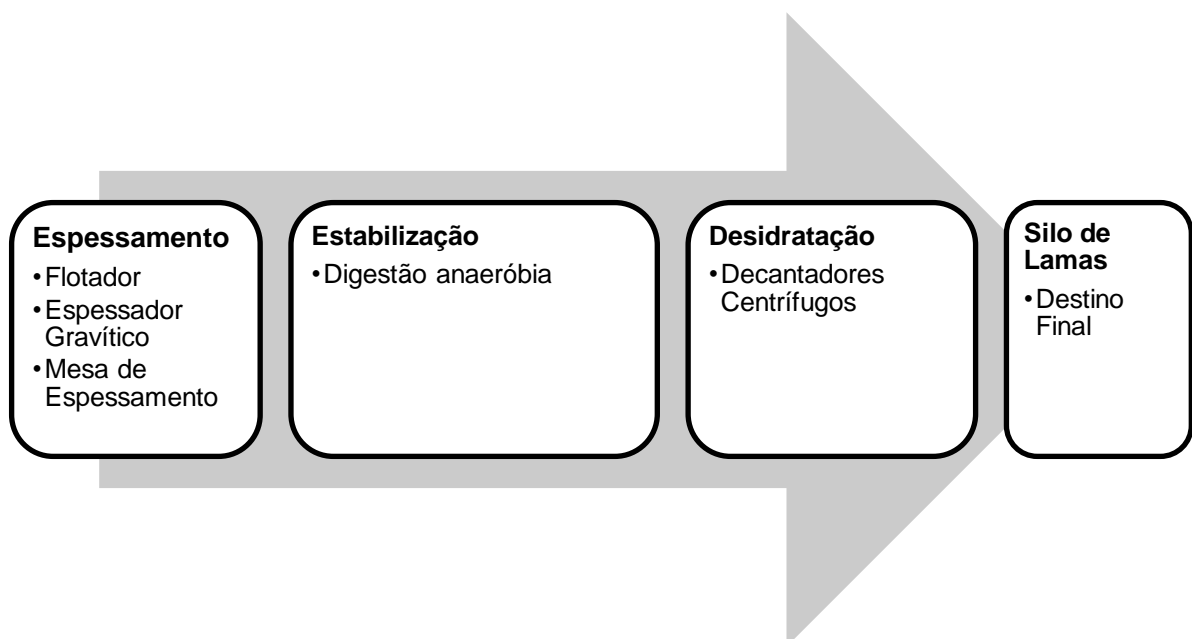


Figura 2.2 - Esquema do processo de tratamento da linha sólida da ETAR de Chelas (adaptado de [3]).

## 2.1.2. Tratamento da Fase Líquida

### Pré-Tratamento

Na Bacia de Entrada da ETAR de Chelas existem duas origens da água residual, a gravítica e a elevada a partir das EE8, EE9, EE10 e EE11. Após passar pela Bacia de Entrada as águas residuais passam pela gradagem (Figura 2.3), onde são removidos os materiais grosseiros, fazendo-se passar o efluente entre um conjunto de barras metálicas com espaçamento de 100 mm. Posteriormente à gradagem, ocorre tamisação, onde corresponde a um processo físico responsável pela remoção da maioria do material grosseiro com dimensões superiores a 10 mm, através de um filtro metálico. Seguidamente, nos desarenadores/desengorduradores (Figura 2.4), os materiais sedimentáveis (areias) depositam-se no fundo, por ação da força gravítica. As matérias flutuantes (óleos e gorduras) são arrastadas para superfície, através da injeção de ar comprimido, criando uma suspensão rica em fluidos pouco densos (Tabela 2.1) [3].

Tabela 2.1 - Etapas relativas ao Pré-Tratamento.

Processo de tratamento	Órgão de tratamento	Unidades
Bacia de Entrada	-----	-----
Gradagem	Grades de limpeza mecânica	3
Tamisação	Tamisador rotativo	3
Desarenamento/desengorduramento	Desarenador/desengordurador	2



Figura 2.3 - Grades com 100 mm de espaçamento.



Figura 2.4 - Desarenador/desengordurador.

### Tratamento Primário

Após o Pré-tratamento desenvolve-se o tratamento primário, tem por objetivo a remoção de parte dos SST, com um rendimento de pelo menos 50% e de pelo menos 20% no que se refere à  $CBO_5$  (Decreto-Lei 152/97 de 19 de junho), sedimentando-se no fundo do decantador, por ação da força gravítica, e assim constitui-se as lamas primárias. O decantador (Figura 2.5) possui uma ponte raspadora que remove lentamente os resíduos da superfície e as lamas do fundo. A não aplicação de reagentes químicos deve-se às características físico-químicas do efluente e das partículas nele contidas, que apresentam uma excelente sedimentabilidade (Tabela 2.2) [3].

Tabela 2.2 - Etapas relativas ao Tratamento Primário [3].

Processo de tratamento	Órgão de tratamento	Unidades
Decantação Primária	Decantador primário (lamelar)	4



Figura 2.5 - Decantador Retangular Lamelar.

### Tratamento Secundário

De modo a cumprir parâmetros de descarga mais exigentes, nomeadamente os limites impostos para os nutrientes Azoto e Fósforo, surge o Tratamento Secundário, onde fazem parte os processos biológicos aeróbios e anaeróbios responsáveis pela remoção da matéria orgânica biodegradável, dissolvida e coloidal, através do desenvolvimento de microrganismos em condições ambientais adequadas (temperatura, pH, presença ou ausência de oxigénio, nutrientes e tempo de residência) [3, 5].

Numa primeira fase, surge o sistema de lamas activadas, em que a matéria orgânica é degradada através de microrganismos numa zona anóxica (desnitrificação) e, posteriormente, numa zona aeróbia (oxidação da CQO). Estes desenvolvem-se em suspensão na água, em condições de agitação. A agitação favorece a dissolução e a distribuição do oxigénio na água. O arejamento é realizado através injeção de ar difuso [3].

Após a saída do efluente dos reatores biológicos, é efetuada uma elevação do licor misto (água, matéria orgânica e microrganismos) para se prosseguir com a decantação secundária, onde o excesso de microrganismos, que se desenvolveram durante o processo de lamas ativadas e a matéria orgânica residual sedimentam no fundo do decantador por ação da força gravítica, formando as lamas secundárias. O decantador (Figura 2.6) detém ponte raspadora que remove lentamente os resíduos da superfície e as lamas do fundo, com auxílio de tubos de sucção hidrostática, sendo recirculadas para as lamas activadas (Tabela 2.3) [3].

Tabela 2.3 - Etapas relativas ao Tratamento Secundário [3].

Processo de tratamento	Órgão de tratamento	Unidades
Lamas Activadas	Reatores Biológicos	2
Decantação Secundária	Decantador Secundário	8



Figura 2.6 - Decantador Secundário.

### Tratamento Terciário

Tendo em conta que, o Tratamento Secundário não garante a eliminação de todos os materiais em suspensão e dos microrganismos patogénicos da água, é necessário efetuar-se uma operação de filtração (clarificação) que constitui o Tratamento Terciário (Tabela 2.4), uma vez que o efluente é descarregado num recetor sensível. Trata-se de um processo físico responsável pela remoção dos sólidos suspensos residuais, através da passagem do efluente por um filtro de areia (Figura 2.7), e assim aumentar a transmitância da água filtrada [3].

Tabela 2.4 - Etapa relativa ao Tratamento Terciário [3].

Processo de tratamento	Órgão de tratamento	Unidades
Filtração	Filtros de areia	4





Figura 2.7 - Filtração por filtros de areia.

### **2.1.3. Tratamento da Fase Sólida**

#### **2.1.3.1. Lamas de Efluentes**

Em resultado do tratamento de efluentes ocorre a formação de lamas que apresentam características específicas, consoante o tipo de efluentes a tratar, a sua idade, e o tipo de tratamento a que foram sujeitas [5].

Os processos de tratamentos das águas residuais afetam a quantidade e qualidade das lamas geradas. Dependendo do grau de estabilização e de desidratação pretendido, as instalações de tratamento de lamas podem representar entre 30 a 50% do custo de tratamento de águas residuais.

O seu tratamento coloca frequentemente mais problemas operacionais que o tratamento das águas residuais. Contudo, é necessário perceber que [4]:

- Nenhuma ETAR pode operar sem que haja produção de lamas;
- Nenhuma ETAR deverá ser construída sem que esteja assegurada uma forma adequada de deposição final de lamas;
- Todas as ETAR deverão ter associadas instalações de tratamento e processamento de lamas com capacidade de preparar as lamas sob forma adequada à opção de deposição final selecionada.

Seguindo a linha tratamento da ETAR de Chelas, no tratamento da fase líquida há formação da fase sólida, isto é, de lamas primárias (provenientes do tratamento primário) e lamas secundárias (provenientes do tratamento secundário). Em muitas instalações, mistura-se as

lamas primárias com as lamas secundárias, dando origem às lamas mistas, que são processadas de forma conjunta [3].

A fase sólida de tratamento da ETAR de Chelas é caracterizada por quatro etapas distintas: espessamento gravítico de lamas primárias e flotação de lamas biológicas, digestão anaeróbia, desidratação e estabilização microbiológica das lamas com a adição de cal hidratada. Na ETAR de Chelas, existe um espessador que recebe as lamas provenientes da decantação primária e um flotador que recebe as lamas biológicas em excesso. Estes equipamentos têm como principal objetivo promover uma maior concentração de sólidos nas lamas para digestão. Estas lamas espessadas/concentradas são depois misturadas num tanque, denominado tanque de lamas mistas, e são, em seguida, processadas na etapa de digestão. Na digestão anaeróbia, as lamas são submetidas a condições de anaerobiose, em regime mesofílico (regime no qual ocorrem sucessivas reacções de fermentação, a temperaturas que oscilam entre 30 °C e 38 °C), promovendo a mineralização do carbono orgânico, transformando-o em metano, dióxido de carbono e água. Aqui, as lamas perdem volume e ficam ainda mais concentradas. Após a digestão anaeróbia, as lamas vão sofrer uma desidratação mecânica em centrífugas, após esta desidratação é adicionada cal hidratada e são armazenadas num silo de lamas. Por fim, são transportadas para destino final, ou seja, são valorizadas agricolamente. As principais operações e processos de tratamento das lamas incluem quatro fases essenciais, que podem variar de acordo com as técnicas e equipamento adotado (Tabela 2.5): o Espessamento, a Estabilização, o Condicionamento e Desidratação [6].

Tabela 2.5 - Etapas relativas ao Tratamento da Fase Sólida da ETAR de Chelas [6].

Processo de tratamento	Órgão de tratamento	Descrição do tratamento
Condicionamento	- - - - -	Modificação da estrutura da lama  Melhoria dos tratamentos complementares
Espessamento	Espessador Gravítico  Flotador  Mesa de Espessamento	O espessador promove a redução do volume de água das lamas primárias enquanto no flotador, as lamas secundárias em excesso. são espessadas por flotação, através da injeção de bolhas de ar (pressurização), que promove a concentração da lama à superfície.



Tabela 2.5 - Etapas relativas ao Tratamento da Fase Sólida da ETAR de Chelas (conti.)  
[6].

Processo de tratamento	Órgão de tratamento	Descrição do tratamento
Estabilização  (Digestão Anaeróbia e química)	Digestor Anaeróbio	As lamas são submetidas a condições de anaerobiose, em regime mesofílico (reações de fermentação, oscilando entre 30 °C e 38 °C), promovendo a mineralização do carbono orgânico, transformando-o em metano, dióxido de carbono e água. Aqui, as lamas perdem volume e ficam ainda mais concentradas.
Desidratação (mecânica)	Decantador Centrífugo	Redução do teor de humidade (incremento da % de MS) e volume das lamas. A eficiência está relacionada com o tipo de polímero adicionado às lamas.

As etapas de Condicionamento e Desidratação são descritas de uma forma mais detalhada, pois são as etapas no qual o tema desta dissertação se integra.

### 2.1.3.2. Condicionamento

O condicionamento de lamas refere-se ao processo de melhoria da separação das fases sólido-líquido, e é um contributo significativo na eficiência das operações de espessamento e desidratação a que as lamas são posteriormente sujeitas. Além de melhorar a remoção da água a partir dos sólidos, alguns dos processos de condicionamento também se configuram como agentes desinfetantes das lamas [7].

As lamas são condicionadas com o desígnio de melhorar as suas características e os métodos mais comuns envolvem a adição de químicos (no qual este trabalho se insere) e o tratamento térmico [5-7]:

#### a) Condicionamento Químico

O condicionamento químico é utilizado antes dos sistemas mecânicos de remoção de água como a centrifugação, e resulta na coagulação/floculação dos sólidos e na libertação da água absorvida, por meio de agentes químicos (cloreto férrico, cal, sulfato de alumínio e polímeros orgânicos) Os fatores que afetam a seleção do tipo e dosagem dos agentes de condicionamento são as propriedades dos sólidos (concentração, idade, pH e alcalinidade),

tipo de mistura e os dispositivos de desidratação a serem usados. A utilização de produtos químicos no condicionamento de lamas de ETAR é relativamente económico devido ao aumento dos rendimentos dos processos de remoção de água, podendo reduzir o teor de humidade de entrada de 90 a 99 % para 65 a 85 %, dependendo da natureza dos sólidos a serem tratados.

#### **b) Condicionamento Térmico**

O condicionamento térmico é um processo que tem sido utilizado para condicionar e estabilizar as lamas, mas raramente é usado em novas instalações. (5) Envolve o aquecimento das lamas a 170-220°C, a uma pressão de 1,2 a 2,5 MPa, por períodos de tempo de 15 a 30 min. O tratamento coagula os sólidos, rompe a estrutura em gel, e reduz a afinidade da água das lamas, resultando numa lama esterilizada. O sobrenadante apresenta um valor elevado de CBO<sub>5</sub> e pode requerer um tratamento especial antes de ser reintroduzido no processo de tratamento de águas residuais.

### **2.1.3.3. Desidratação**

A desidratação é uma operação unitária física que compreende a remoção de humidade das lamas (reduzindo o seu volume) para que ela possa ser manipulada e/ou processada como um semissólido em vez de como um líquido [5].

Na desidratação de lamas são conhecidos e aplicados diversos tipos de processos, que se distinguem entre si como processos naturais, baseados em fenómenos de evaporação e/ou de percolação, ou processos mecânicos, baseados na utilização de meios físicos, requerendo a utilização da energia externa [5, 6].

Assim, a escolha do dispositivo de desidratação mais adequado é determinada em função do tipo de lamas a serem desidratadas, o espaço disponível e o seu destino final a dar-lhes [7].

A selecção do sistema de desidratação é feita em função da origem das lamas, da concentração inicial e concentração final de MS pretendida.

Uma vez que a lama em excesso terá de ter outra aplicação, o processo de desidratação é importante em três pontos de vista [1]:

- **Económico**, visto estar a reduzir o custo do transporte das mesmas para destino final, uma vez que para o mesmo volume estamos a transportar mais lama e menos água;
- **Prático**, pois ocorre a transformação de uma lama com uma concentração de 1-2% em ST (estado líquido) para uma lama com uma concentração de 18-22% em ST (estado semissólido), onde apresenta um especto terroso e de fácil manuseamento;

- **Ambiental**, uma vez que há uma eficácia no aproveitamento destas. No caso de ir para compostagem, é importante na medida em que melhora a circulação de ar e a textura da lama, e no caso do destino final desta ser tratamento térmico ou incineração, a desidratação reduz o consumo de combustível para evaporar o excesso de humidade.

De um modo geral, em ETAR de grandes dimensões, a desidratação mecânica de lamas prende-se pela instalação de determinados equipamentos como filtros banda, filtros prensa ou centrífugas. Após o respetivo tratamento, as lamas são temporariamente armazenadas em contentores ou silos, até que estas sejam encaminhadas para valorização ou destino final adequado [1, 2].

A água presente na lama, pode ser classificada em 4 diferentes categorias (Figura 2.8) [8]:

- **Água Livre**, corresponde à fração de água não associada às partículas de lama, onde pode ser removida com relativa facilidade por sistemas de sedimentação gravitacional;
- **Água Intersticial**, é a fração de água ligada aos flocos de partículas de lama, presente nos interstícios dos mesmos, podendo ser removida pela desagregação dos flocos mediante força mecânica;
- **Água de Superfície/Adsorvida**, que é a camada de água formada na superfície das partículas de lama, a qual é fortemente ligada por adsorção e adesão de pontes de hidrogénio. Para remoção dessa parcela é necessária relativa quantidade de energia;
- **Água de Hidratação**, é a parcela de água ligada quimicamente à superfície das partículas sólidas.

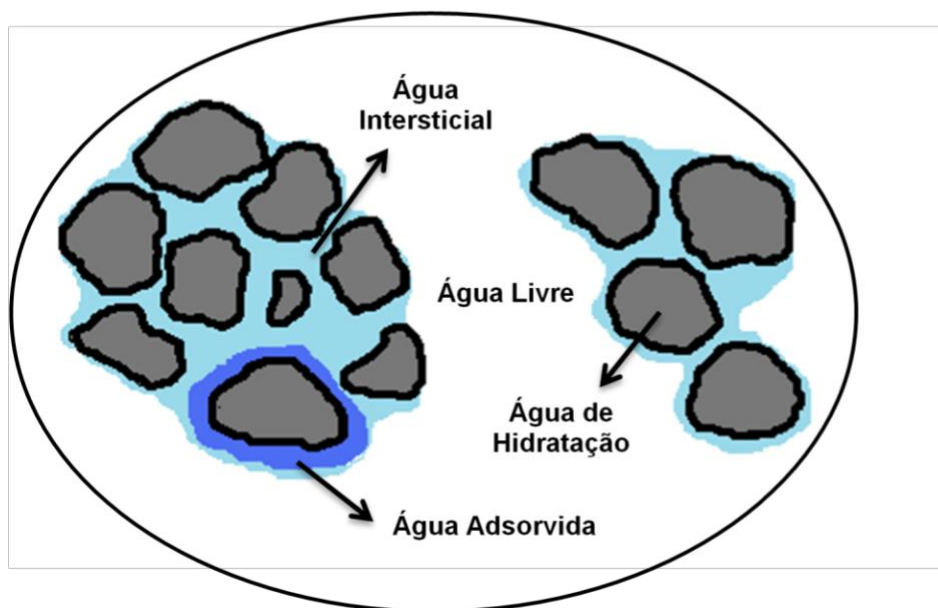


Figura 2.8 - Distribuição da água nas partículas de lama [8].

## 2.1.4. Processo de Desidratação

### 2.1.4.1. Desidratação por DC

O DC (vulgarmente conhecido como Centrífuga) é, fundamentalmente, um dispositivo de decantação no qual a separação sólido-líquido é acelerada pelo uso da força centrífuga (500 a 3000 vezes superior à da gravidade). Isto é conseguido através da rotação do líquido a altas velocidades de maneira a submeter a lama a uma força centrífuga cuja resultante é superior à força gravitacional de um corpo em repouso [7, 29].

Este processo físico, a decantação, é baseado na diferença de densidades entre o meio e os sólidos em suspensão. Considerando um regime laminar e que a partícula sedimenta numa situação desimpedida, considera-se como fórmula da velocidade de decantação (Lei de Stokes) a seguinte (Equação 2.1) [30]:

$$\frac{dr}{dt} = \frac{x^2 (\rho_s - \rho) r \omega^2}{18\mu} \quad (2.1)$$

Onde,

$\mu$  - Viscosidade do meio;

$x$  - Diâmetro da partícula;

$\rho_s$  - Densidade da partícula;

$\rho$  - Densidade do meio;

$r$  – Posição radial da partícula;

$\omega$  - Velocidade angular.

Todavia, sujeitas a um campo centrífugo, as partículas movem-se radialmente (Figura 2.9) e a posição radial é parte da força de campo - daí a partícula acelera durante seu deslocamento na direção radial. Assim, para determinar a posição da partícula como uma função da integração do tempo é necessário [31].

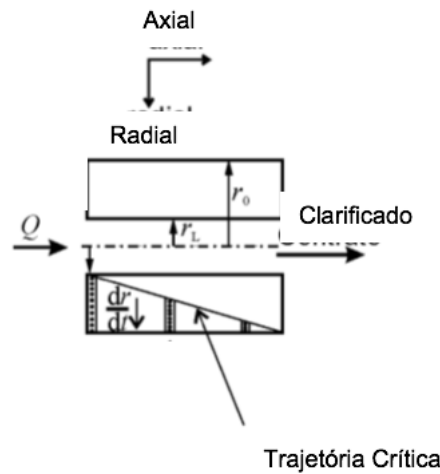


Figura 2.9 - Trajetória crítica das partículas no DC (adaptado de [31]).

As partículas entram no DC na posição radial  $r_L$  e saem na posição radial  $r_o$  - assumindo que a partícula é mais densa que o líquido (Figura 2.9). Os tempos a que a partícula leva a mover-se radialmente e axialmente são (Equação 2.2 e 2.3) [31]:

$$t(\text{axial}) = \left[ \frac{18\mu}{x^2(\rho_s - \rho)} \right] \frac{1}{\omega^2} \ln(r_o / r_L) \quad (2.2)$$

$$t(\text{radial}) = \frac{\pi(r_o^2 - r_L^2)L}{2Q} \quad (2.3)$$

Onde,

$\mu$  - Viscosidade do meio;

$x$  - Diâmetro da partícula;

$\rho_s$  - Densidade da partícula;

$\rho$  - Densidade do meio;

$L$  – Comprimento do DC;

$r_L$  - Posição radial (entrada) da partícula no DC;

$r_o$  – Posição radial (saída) da partícula no DC;

$\omega$  - Velocidade angular;

$Q$  - Caudal alimentação.

Onde a Equação 2.3 é o volume do DC dividindo-se pelo  $Q_{\text{Volumétrico}}$ . Igualando as Equações 2.2 e 2.3 e multiplicando-as pela aceleração da gravidade, fica-se (Equação 2.4) [31]:

$$\frac{\pi(r_o^2 - r_L^2)L}{2Q} = \left[ \frac{18\mu}{x^2(\rho_s - \rho)g} \right] \frac{g \ln(r_o / r_L)}{\omega^2} \quad (2.4)$$

O termo entre “[ ]” corresponde à velocidade terminal de decantação gravítica, fazendo a substituição e rearranjo (Equação 2.5) [31]:

$$\frac{Q}{U_t} = \frac{\pi(r_o^2 - r_L^2)L\omega^2}{g \ln(r_o / r_L)} \quad (2.5)$$

Assim, a Equação 2.5 representa um DC que possui a mesma capacidade de sedimentação que a área de um decantador gravítico. Isto é ilustrado da seguinte forma, através do chamado Factor-Sigma (Equação 2.6) [31]:

$$\Sigma_{\text{process}} = \frac{Q}{U_t} \quad (2.6)$$

Isto é, para um dado tamanho de partículas, haverá um certo caudal no qual todas as partículas deste tamanho serão removidas. Se este caudal for excedido, então as partículas do respetivo tamanho surgem no clarificado. Deste modo, as variáveis do processo (tamanho e caudal) definem o valor Sigma. Se o DC possuir 100% de eficiência, então o Factor-Sigma será igual aos parâmetros baseados na máquina, denominados Sigma-Máquina (Equação 2.7) [31].

$$\Sigma_{\text{machine}} = \frac{\pi(r_o^2 - r_L^2)L\omega^2}{g \ln(r_o / r_L)} \quad (2.7)$$

Os Decantadores Centrífugos podem desidratar com sucesso uma enorme diversidade de lamas, contudo dispõe de várias vantagens e desvantagens.

#### 2.1.4.2. Vantagens e Desvantagens de se utilizar DC

Relativamente às vantagens salientar [5]:

- Baixo custo de instalação (pouca área ocupada);
- É de funcionamento automático, dispõe de um rápido manuseamento (poucas variáveis para controlar) e não necessita de muito tempo para estabilizar o processo;

- Não exige acompanhamento permanente por parte do operador desde que a lama possua uma concentração constante;
- Não é necessário nenhum meio filtrante;
- Secura das lamas desidratadas é mais elevada;
- Área de trabalho sempre limpa e livre de odores.

Em relação às desvantagens salienta-se [5]:

- Equipamento oneroso;
- Elevado consumo energético, por unidade de produto produzido;
- Bastante sensível quanto à qualidade da lama que entra, onde esta não poderá trazer objetos, que possam por alguma razão alterar o processo;
- Os drenados deste tipo de equipamento possuem um alto nível de sólidos, derivado da energia aplicada sobre a lama ser bastante alta;
- Desgaste rápido, devido ao facto de o equipamento trabalhar com altas rotações, o que requer uma manutenção periódica, feito por um operador especializado;
- Níveis de ruído e vibrações bastante elevadas.

#### **2.1.4.3. Modo de funcionamento do DC**

Os DC inseridos nesta dissertação são denominados do tipo contínuos cilíndricos-cónicos de eixo horizontal (*solid bowl*) [10].

Os principais componentes destes DC são [10]:

- a base;
- a cobertura;
- o tambor/cesto de rotação;
- eixo de transporte rotativo;
- tubo de alimentação;
- motor e engrenagens que controlam a velocidade diferencial.

O Decantador Centrífugo é totalmente coberto e instalado num chassi (base) que assenta sobre 4 amortecedores potentes de modo a suportar a centrífuga e sustentar a vibração da mesma [3].

A cobertura, ou invólucro de proteção, que envolve o tambor, permite que o funcionamento deste seja seguro e também auxilia na contenção dos odores e do barulho do funcionamento [3].

O tambor de rotação consiste numa câmara de *design* cilíndrico-cónico, em que a relação da parte cónica e a parte cilíndrica varia consoante o tipo de equipamento [3].

Existe uma folga entre o eixo de transporte rotativo (parafuso) e a parede do tambor [3].

A qualidade da separação resulta da densidade homogénea das partículas e da velocidade de rotação, e deste modo a diferença de velocidade entre o cesto e o parafuso possibilita que os sólidos decantados possam migrar da zona de alimentação de lama para a zona de desidratação, onde os mesmos são descarregados. Os drenados são descarregados no tambor (extremidade cilíndrica), mas no lado oposto onde os sólidos são evacuados. A velocidade diferencial é controlada pelo sistema de engrenagem na parte de trás do DC [3].

O modo de funcionamento deste tipo de centrífugas pode ser em contracorrente (Figura 2.11) ou co-corrente (Figura 2.10), sendo este último tipo onde se enquadram as centrífugas presentes nesta dissertação.

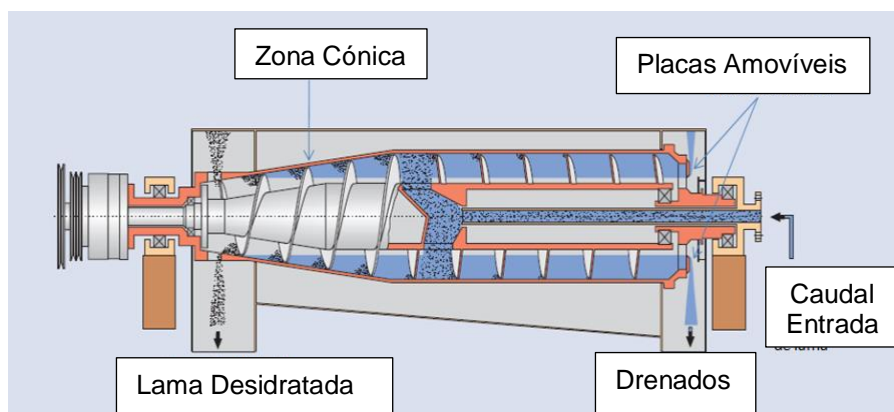


Figura 2.10 - Esquema do funcionamento de um DC em co-corrente (adaptado de [7]).

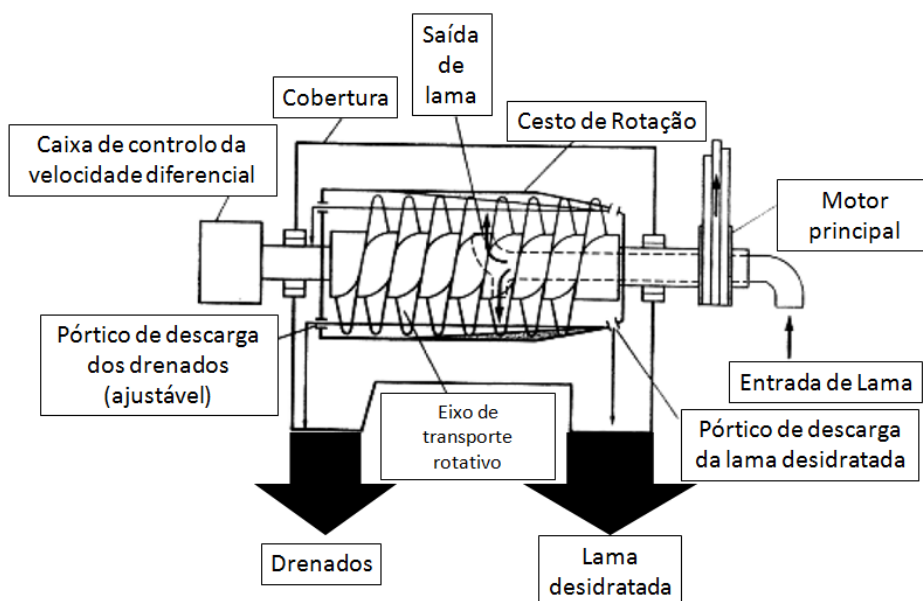


Figura 2.11 - Esquema de um DC de operação em contracorrente [5].



Em co-corrente, a alimentação da suspensão floculada a tratar (lama e polímero) é feita por um pequeno orifício no interior do fuste do parafuso central [5].

Aquando da introdução da lama, ainda hidratada, no rotor da centrífuga, a mesma é repartida entre tambor e o parafuso, onde vai sendo acelerada à medida que vai entrando, com o parafuso a rodar a uma velocidade ligeiramente superior á da camisa. Sendo sujeita à força centrífuga, faz com que os sólidos se depositem na parede do tambor. O parafuso encarregar-se-á de reconduzir os sólidos em direção à extremidade cônica, à medida que estes se vão depositando na parede.

A separação tem lugar ao longo de todo o cilindro e o líquido clarificado forma anel líquido (Figura 2.12 e 2.13), e é encaminhado em direção dos orifícios de evacuação por transbordamento. Estes orifícios são, essencialmente, placas que se localizam na base da parte cilíndrica, que são ajustáveis e que têm como função, determinar a altura de sólidos dentro do tambor [11].

Este tipo de DC pode funcionar sem a adição de químicos, todavia os resultados são pouco satisfatórios. Tendo em vista melhorar o rendimento da centrífuga, é introduzido Polímero à lama, a montante da centrífuga e à medida que esta vai entrando, forma-se um bolo mais espesso dentro do tambor, isto é, que a quantidade de sólidos dentro da centrífuga aumente (floculação das lamas). Regra geral este tipo de equipamento utiliza um PE Catiónico para a desidratação da lama, porém se houver presença de sais de alumínio e de ferro na lama os PE Aniônicos têm melhores resultados [5].

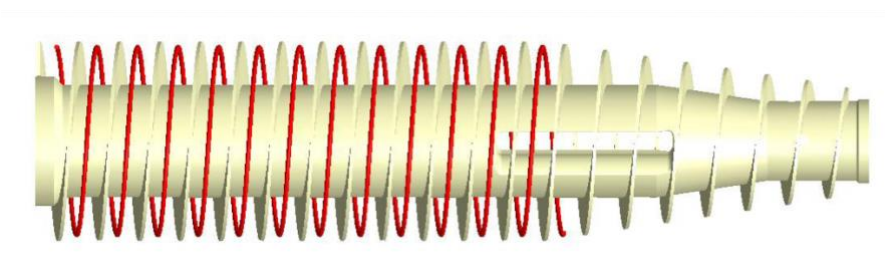


Figura 2.12 - Fase líquida a percorrer o caminho helicoidal formado pelo parafuso (fase líquida flui para a esquerda) [9].

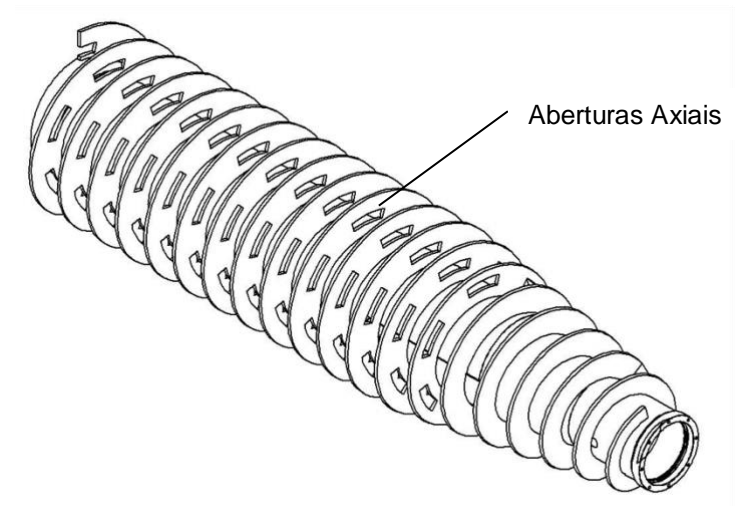


Figura 2.13 - Parafuso com aberturas axiais (adaptado de [9]).

#### 2.1.4.4. Otimização do desempenho do DC

Determinados parâmetros devem ser considerados por forma a ajustar rapidamente os DC (Tabela 2.6) [12]:

- **Caudal de alimentação de lama** – ocorre uma certa melhoria no teor de MS através da redução do caudal de entrada;
- **Caudal de alimentação de polímero** – pode ser ajustado em função da alimentação de lama na centrífuga. Este deve ser alto o suficiente para reflocular as partículas dentro da centrífuga, em caso de desagregação dos flocos;
- **Binário (ou torque)** – o binário mede a pressão da lama no parafuso. Esta pressão gera torsão no eixo do parafuso, denominando-se binário. Quanto mais alta for a pressão da lama no parafuso transportador, maior será o binário;
- **Velocidade diferencial ou relativa ( $V_R$ )** – na verdade, o  $V_R$  dependerá do ponto de ajuste do binário. O objetivo é manter um valor de binário constante ajustando-se o  $V_R$ . A secura da lama pode ser aumentada, quando operamos com a  $V_R$  baixa (tempo de residência será maior), contudo o clarificado será menos limpo e vice-versa. Se o Binário tende a diminuir, a  $V_R$  acelerará de maneira esvaziar um pouco a máquina e vice-versa.
- **Nível do líquido** – o ajuste deste parâmetro, significa criar um balanço ótimo entre a clarificação e a secura da lama, para isso altera-se as configurações das aberturas das placas de descarga que estão dentro da centrífuga, até se achar a melhor relação. Regra geral os drenados tornam-se mais clarificados e a lama mais seca, quando se diminui o raio do líquido e vice-versa.

Tabela 2.6 - Tabela relativa aos parâmetros ajustáveis nos DC.

Parâmetros	Gama de Valores	Unidades
Caudal de Lama	4 - 20	m <sup>3</sup> /h
Caudal de PE	1 - 7	m <sup>3</sup> /h
Binário	10 - 45	%
Velocidade Diferencial	1 - 10	rpm

Subsistem diversas variáveis que afetam a diretamente desidratação em DC, tais como [7, 12]:

- Caudais de alimentação ao processo (lama e PE);
- Parâmetros físico-químicos da lama, tais como tamanho, forma e densidade das partículas; temperatura e viscosidade do líquido;
- Características do tambor e do parafuso da centrífuga;
- Velocidade de rotação do equipamento e velocidade relativa do tambor;
- Binário;
- Nível de líquido no tambor.

No mercado mundial existem outros tipos de centrífugas, designadamente centrífugas de alta pressão/performance (*“high pressure or high performance”*). A sua principal vantagem corresponde a uma melhoria notável relativamente à secura das lamas, uma vez que apresenta uma estrutura diferente a nível do parafuso transportador e que possibilita um maior tempo de residência no DC [7].

## 2.2. Impurezas nas Águas Residuais

As impurezas presentes nas águas residuais resumem-se às partículas dissolvidas em forma ionizada, aos gases dissolvidos, aos compostos orgânicos dissolvidos e às partículas em suspensão, tais como, microorganismos e colóides. Os colóides são estáveis em sistemas aquosos em virtude da sua capacidade de hidratação ou de carga eletrostática na sua superfície. Estes apresentam cargas negativas à superfície, o que faz com que exista uma grande repulsão entre partículas, mantendo-as estáveis em suspensão [13-15].

O sistema coloidal pode ser formado por partículas dispersas com tamanhos diferentes, denominado polidisperso ou por partículas de um mesmo tamanho, denominado monodisperso. Na prática, a maioria dos colóide obtidos é polidisperso [14].

As partículas em suspensão têm tamanhos que variam entre  $10^{-3}$  e  $10^{-1}$  mm como é demonstrado na Figura 2.14, as dissolvidas entre  $10^{-8}$  e  $10^{-6}$  mm e as coloidais entre  $10^{-6}$  e  $10^{-3}$  mm.

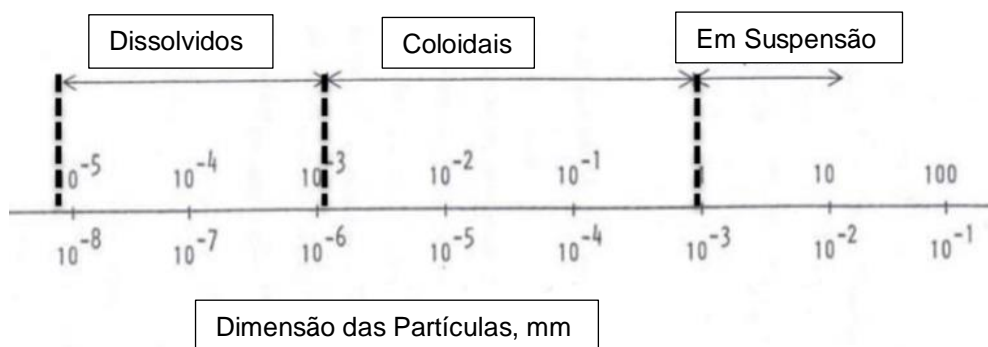


Figura 2.14 - Classificação e gamas das dimensões das partículas [15].

Existem três maneiras de se dispersar partículas suspensas em um meio líquido: dispersão eletrostática, estérica e eletroestérica, como representado na Figura 2.15.

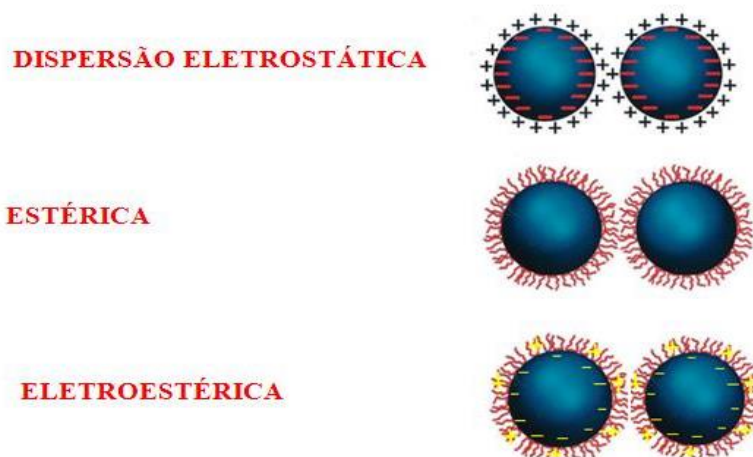


Figura 2.15 - Representação esquematizada das dispersões eletrostática, estérica e eletroestérica [15].

O mecanismo eletrostático consiste em gerar uma carga comum na superfície das partículas, causando a repulsão destas [16]. No mecanismo estérico, ocorre adsorção de aditivos poliméricos no material que formam uma camada de proteção em volta das partículas. A estabilização eletroestérica consiste na adsorção de um PE com formação de uma dupla camada de repulsão elétrica [17]. Diversos fatores influem na estabilidade de uma dispersão, e o domínio desses fatores é fundamental para a obtenção de bons resultados no produto final

[18]. Esse campo envolve estudos de potencial de superfície (Potencial Zeta) e forças de interação entre partículas [19].

Partículas em geral, podem apresentar-se em um sistema na forma de aglomerados ou agregados, como mostrados na Figura 2.16.

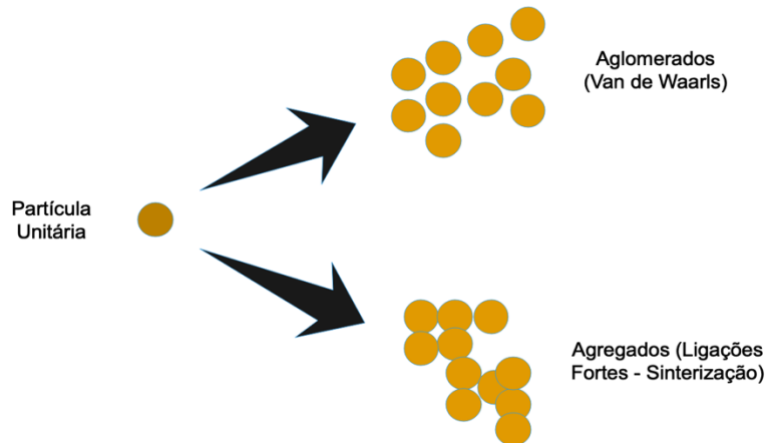


Figura 2.16 - Possíveis estados de materiais particulados (adaptado de [16]).

Na etapa de Clarificação, onde acontece remoção destes tipos de partículas, mais propriamente as dissolvidas e coloidais, utilizam-se coagulantes e floculantes, denominando estes processos como coagulação e floculação, contudo, uma vez que este trabalho se foca apenas na desidratação de lamas, apenas irá ser referida a floculação, visto pretender-se melhorar a eficiência da desidratação mecânica de lamas tendo por base ajuda de floculantes (Figura 2.17).

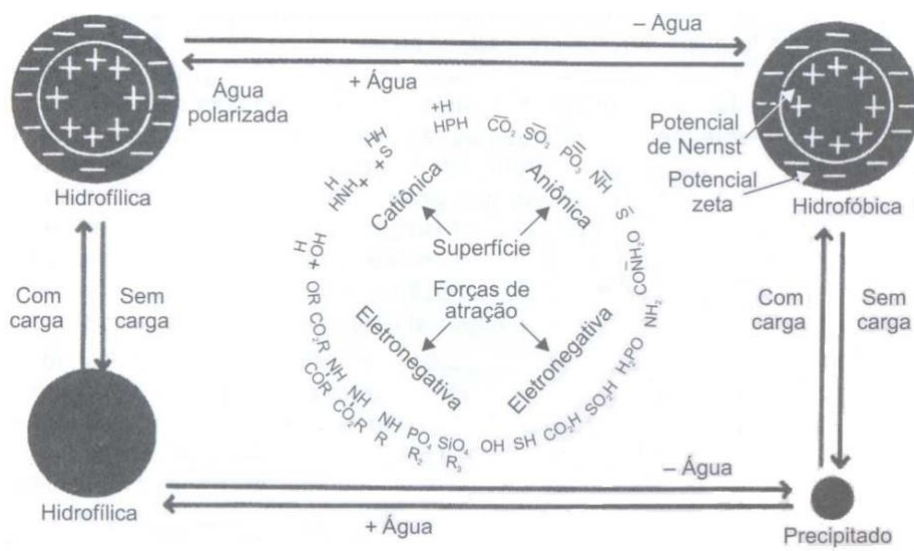


Figura 2.17 - Interação entre partícula coloidal e água de hidratação em sistemas aquosos [13].

## 2.3. Forças de Interação entre Partículas

### 2.3.1. Dupla Camada Elétrica

Num sistema bifásico (sólido-líquido) onde subsistem grandes concentrações de partículas coloidais, uma dupla camada elétrica será formada (Figura 2.17). Esta dupla camada é formada pela neutralização da carga do colóide e pela movimentação Browniana, e acarreta o aparecimento de um potencial entre a superfície e solução. A partícula será carregada pelos íons determinantes do seu potencial de superfície. Logo, os contra íons serão firmemente fixados na superfície originando, a Camada de Stern. Nas proximidades da partícula os íons dispersos na solução serão atraídos pelos contra íons, formando uma camada difusa. As camadas formadas pelos contra íons e íons dispersos na solução são denominadas como DCE. A Figura 2.18 representa uma partícula carregada negativamente em um meio disperso [20, 21].

Simplificadamente, na análise da DCE deve-se considerar [20]:

- Camadas são consideradas como sendo planas;
- Camadas com espessura menor que o raio de curvatura da superfície da partícula coloidal;
- Carga da superfície sólida distribuída uniformemente;
- A fase dispersa é considerada contínua e seu efeito sobre a dupla camada é determinado por sua constante dielétrica.

Cada partícula coloidal apresenta a dupla camada e como estão todas no mesmo meio de dispersão, começa a acontecer interação entre as DCE. Irá ocorrer a sobreposição de camadas externas de mesmo sinal acarretando aumento da concentração de cargas sobre cada superfície, aumentando assim, a energia de equilíbrio entre as camadas levando a uma força repulsiva entre as camadas [21, 22].

A camada de Stern é considerada rigidamente fixada no colóide, enquanto que a camada difusa não é. Como resultado, o potencial elétrico de junção está relacionado com a carga da partícula e é chamado de Potencial Zeta [20].

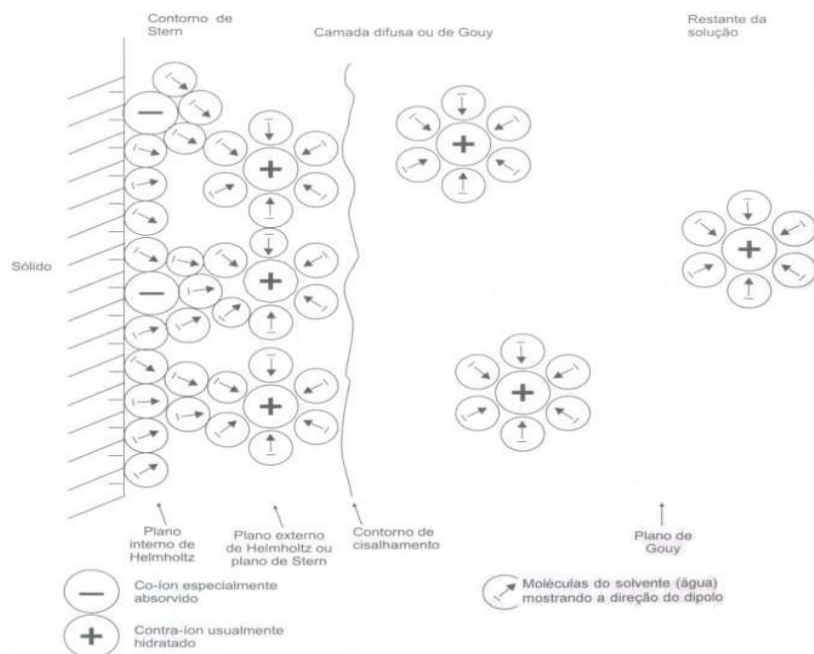


Figura 2.18 - Representação esquemática da DCE nas vizinhanças de uma interface sólido-líquido [20].

### 2.3.2. Potencial Zeta

O potencial Zeta, ou potencial eletrocinético, é um parâmetro utilizado para a determinação da carga eletrostática superficial das partículas dissolvidas na água. A sua determinação permite medir a magnitude das interações repulsivas entre partículas. Na Figura 2.19 está representado o potencial zeta, o qual corresponde ao potencial medido no plano de cisalhamento (onde se inicia a camada de difusão) [20].

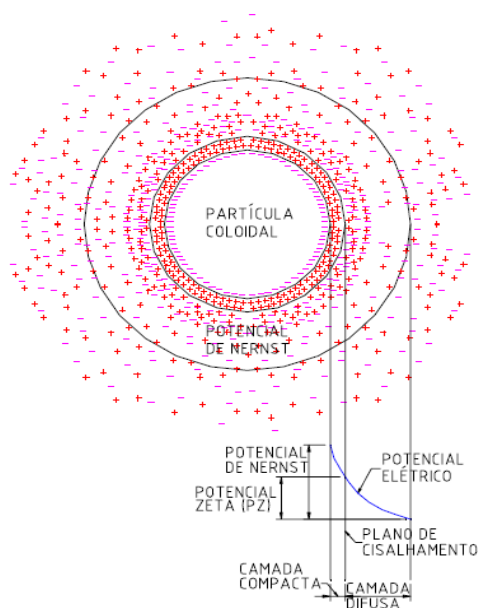


Figura 2.19 - Configuração esquemática da DCE [20].

### 2.3.3. Teoria DLVO (Derjagin, Landau, Verwey e Overbeek)

No estudo das partículas coloidais, torna-se essencial referenciar a teoria DLVO, onde foi desenvolvida por Derjagin e Landau (1941) e, posteriormente, por Verwey e Overbeek (1948), sendo a explicação clássica da estabilidade dos colóides em suspensão. A Figura 2.20 apresenta na teoria prevê o comportamento de duas partículas coloidais separadas por uma distância "d". As partículas atraem-se devido à interação de Van der Waals e quando estão muito próximas, as DCE começam a interagir e acontece a interação de repulsão. A soma destas interações irá criar uma barreira energética, que se for ultrapassada, irá se dispor de uma suspensão estável [21].

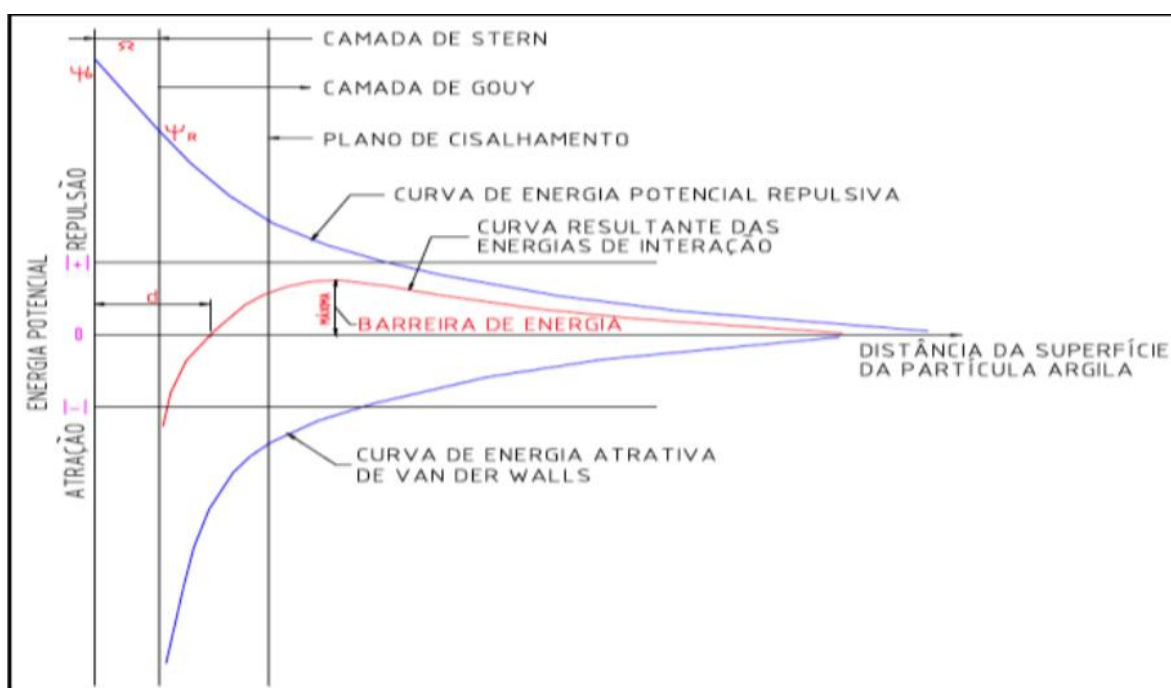


Figura 2.20 - Energia Potencial da interação entre partículas coloidais (teoria DLVO) [21].

### 2.4. Partículas Destabilizadas

A origem das partículas desestabilizadas varia muito, dependendo, fundamentalmente, da natureza da lama.

A carga que do respetivo floculante será selecionada de acordo com o tipo de partículas desestabilizadas presentes na lama a tratar. Portanto, dependerá do tipo de lama (biológica, digerida, físico-química, mineral) [12].

A carga usada frequentemente segue o padrão abaixo [12]:

- Baixa a média aniônica para lama mineral;
- Baixa aniônica a baixa catiónica para lama físico-químico;



- Baixa catiónica para lama digerida e primária;
- Média catiónica para lama mista;
- Alta catiónica para lama biológica.

#### 2.4.1. Mecanismo de Floculação

A floculação de lama corresponde à etapa do processo onde as partículas coloidais desestabilizadas são agregadas em estruturas denominadas flocos, de preferência de grandes dimensões, através do uso de polímeros orgânicos de alto peso molecular (Figura 2.22) [21].

Como já foi mencionado previamente, por forma a ocorrer a formação de flocos torna-se necessário empregar PE, geralmente polímeros de grandes ramificações, de modo a permitir a aglomeração de partículas. Ao longo da sua cadeia ramificada, os polímeros apresentam partes ionizáveis classificando-os assim, como catiónicos, aniónicos e/ou não iónicos [21-23]:

- **Catiónicos**, são polímeros carregados positivamente, os quais absorvem partículas primárias, colóides ou flocos com carga negativa; Este tipo de polímeros tem uma ação dupla, visto atuar na neutralização de cargas e nas pontes entre colóides;
- **Aniónicos**, os quais substituem os grupos aniónicos da partícula coloidal e permitem a ligação entre o hidrogénio (cadeia ramificada polimérica) e o colóide, o que irá permitir a ligação do polímero diretamente com o colóide;
- **Não Iónicos**, são polímeros com uma baixa densidade de carga e os quais absorvem e formam os flocos através de ligações de hidrogénio entre as superfícies sólidas das partículas e os grupos polares do respetivo polímero.

Os PE podem ser fornecidos de três formas diferentes [22]:

- **Polímero Seco**, este tipo de produto, tem bastante tendência a absorver a humidade do ar, o que torna o seu manuseamento e armazenamento, por vezes complicado. Existe também uma grande dificuldade em fazer a diluição deste com água, tendo um tempo de maturação de cerca de 1h. Isto faz com que, para haver um elevado consumo contínuo da solução de polímero, seja necessário um tanque de preparação com grandes dimensões;
- **Polímero em Solução**, são melhores do que os desidratados. Uma pequena agitação é o suficiente para diluir o polímero líquido;
- **Polímero em Emulsão**, uma emulsão de água e óleo mineral, detém de um alto peso molecular, por isso não se consegue ter este tipo de polímeros em solução. A sua diluição em água é feita com agitação contínua.

Os floculantes constituem-se basicamente de grupos Acrilatos e Carboxilos. Em solução, o grupo Acrilato dissocia-se, ficando as cargas negativas distribuídas ao longo da cadeia. Os grupos  $\text{COO}^-$  servem como elo de fixação com partículas negativamente carregadas através de uma ponte com catião divalente (Figura 2.21). Se algumas partículas compartilham de uma mesma cadeia, então extensa rede de flocos é formada [12, 22].

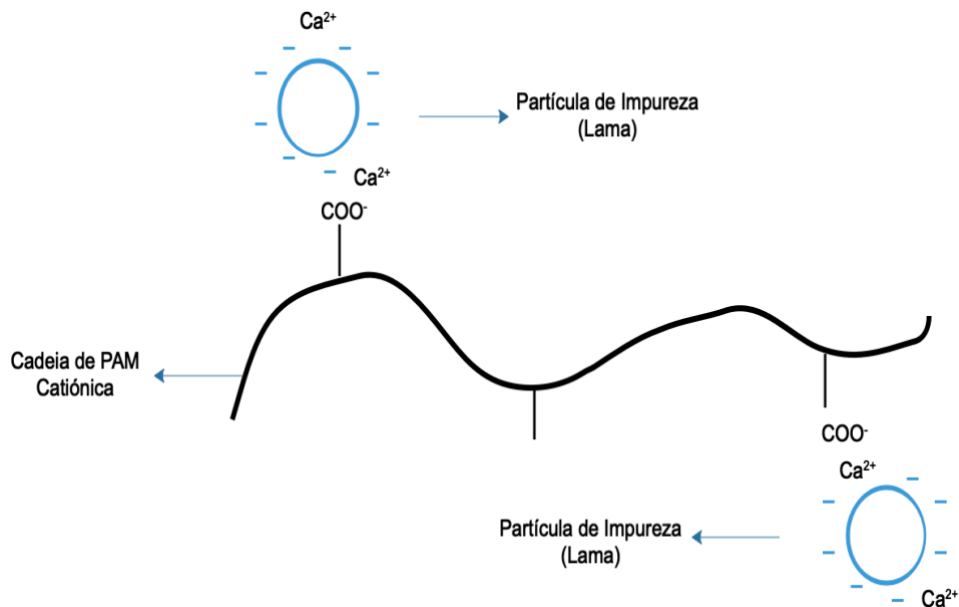


Figura 2.21 - Representação esquemática da ponte catiônica (adaptado de [22]).

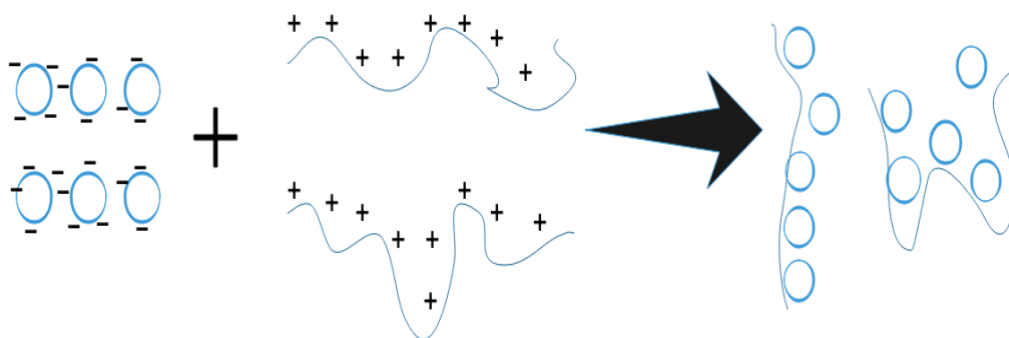


Figura 2.22 - Representação esquemática do processo de Floculação (adaptado de [22]).

Os PE de alto peso molecular possibilitam uma dinâmica de floculação de ação dupla, que envolve por norma, apenas um único mecanismo que, designado por Adsorção e Formação de Pontes de ligação. Assim, fomenta-se crescimento acelerado dos flocos e aumenta-se a resistência dos mesmos, à tensão (“*stress*”) [22, 23].

Através do estudo [23], o comportamento de polieletrólitos de alto peso molecular como floculantes, consegue ser expressado fundamentando-se na sua adsorção à superfície das partículas coloidais, na neutralização das cargas das partículas ou pelo entrelaçamento das partículas nas cadeias do polímero. Microflocos são então formados os quais retêm a carga positiva na faixa ácida devido a adsorção de  $H^+$ . Esses microflocos também servem para neutralizar e cobrir as partículas coloidais.

Induz-se assim a libertação da água, que posteriormente será mais facilmente removida durante o processo de desidratação. Desde modo, promove-se uma maior eficiência na desidratação, seja ela mecânica ou natural, mas no caso em concreto será mecânica (DC). no qual é exemplificado na Figura 2.23 [23].

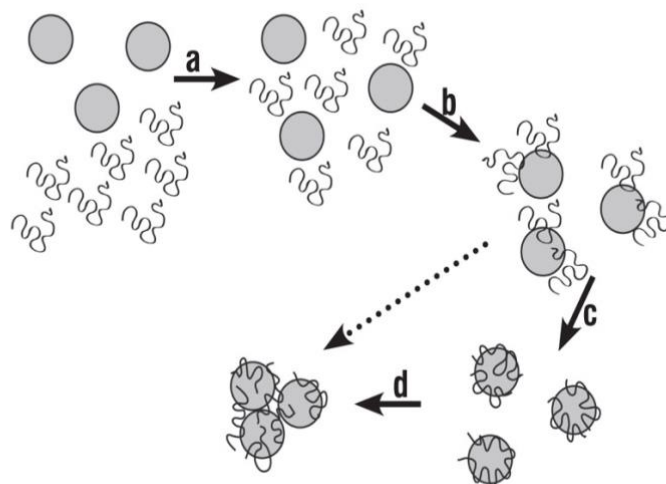


Figura 2.23 - Mecanismo adsorção e formação de pontes de ligação, onde a) mistura, b) adsorção, c) rearranjo das cadeias adsorvidas e d) flocculação por “mecanismo de ponte” [23].

Conforme esse mesmo estudo, é viável verificar que a destabilização de colóides (com cargas negativas) pode ser feita tanto com polímeros catiónicos como com polímeros aniônicos. Logo, tanto o mecanismo da compressão da camada de difusão como o de adsorção e neutralização de cargas não podem caracterizar o mecanismo de adsorção e formação de pontes [23].



#### 2.4.2. Massa Molar

A escolha da Massa Molar (comprimento da cadeia polimérica) depende do tipo de equipamento a empregar [12]:

- **Para DC:** Uma Massa Molar, alta a muita alta, é o ideal devido ao alto cisalhamento aplicado nos flocos;
- **Para Filtros de Prensa:** Uma Massa Molar, baixa a média, será melhor adaptado para obter uma boa drenagem.

#### 2.4.3. Estrutura Molecular

A estrutura molecular do flocculante depende das performances de desidratação requeridas. Deste modo, para flocculantes catiónicos subsistem [12]:

- **Estrutura Linear (PE do tipo Pó):** , com baixa dosagem e bom desempenho e que se encontrar presente em **PE do tipo Pó**.
- **Estrutura Ramificada:** , com dosagem média:

- **Estrutura Reticulada (configuração *cross-link*):** com alta dosagem, elevada taxa de captura e que se encontra presente em **PE do tipo Emulsão**.



Assim, para a desidratação de lamas, particularmente em DC, torna-se importante a aplicação de PE específicos, bastante reticulados, pois apresenta uma estrutura mais rígida e é difícil de romper as ligações por parte da força centrífuga (torque molecular) (Figura 2.24 e 2.25), permitindo a agregação de mais partículas de lama e a formação de flocos maiores [12].

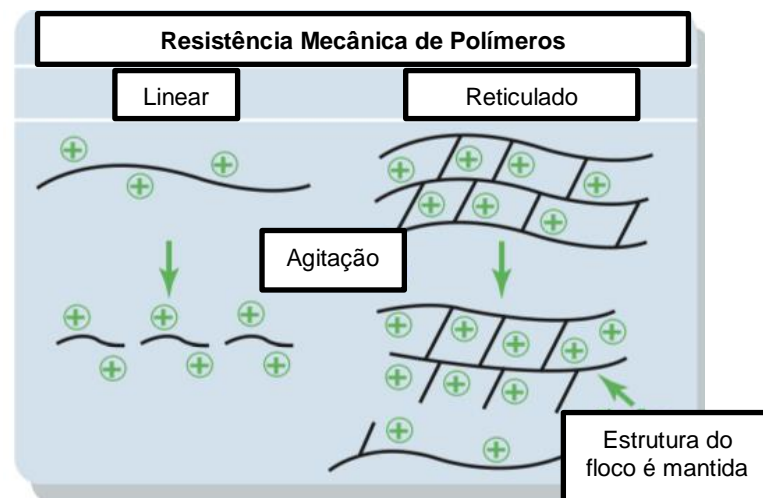


Figura 2.24 - Representação do *stress* aplicado no PE Linear vs Reticulado (adaptado de [12]).

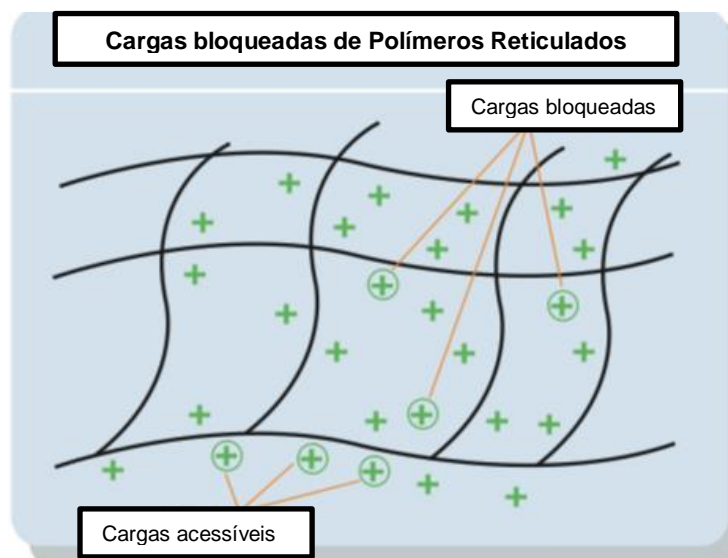


Figura 2.25 - Representação esquemática das cargas bloqueadas nos PE Reticulados (adaptado de [12]).

Os vários tipos de PE Catiónicos auxiliam com sucesso o processo de desidratação de lamas, contudo dispõem de várias vantagens e desvantagens (Tabela 2.7):

Tabela 2.7 - Tabela relativa às Vantagens e Desvantagens entre PE Linear vs Reticulado [12].

	<u>Linear</u>	<u>Reticulado</u>
<b>Vantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Doses baixas</li> <li>- Variedade de Pesos Moleculares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Flocos mais resistentes</li> <li>- Taxa de Captura mais elevada</li> <li>- Secura da lama mais elevada (%MS)</li> </ul>
<b>Desvantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sobredosagem</li> <li>- Flocos pouco resistentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Doses elevadas</li> </ul>



### 3. ETAR de Chelas

O capítulo em questão tem como intento enquadrar e resumir o processo de tratamento da fase sólida, etapa de desidratação efetuado na ETAR de Chelas, pois é a etapa no qual o tema desta dissertação se insere.

#### 3.1. Tratamento de Lamas – Etapa de Desidratação

As lamas produzidas em excesso, após a digestão são desidratadas em dois decantadores centrífugos de funcionamento em paralelo (presentemente apenas encontra-se em funcionamento). A Etapa de Desidratação da ETAR de Chelas está ligada ao tanque de lamas digeridas, sendo esse o seu afluente através de bombagem. Esta é composta por dois decantadores centrífugos, respetivos equipamentos auxiliares de preparação de PE e de bombagem.

Esquemáticamente ED da ETAR de Chelas encontra-se representado na Figura 3.1:

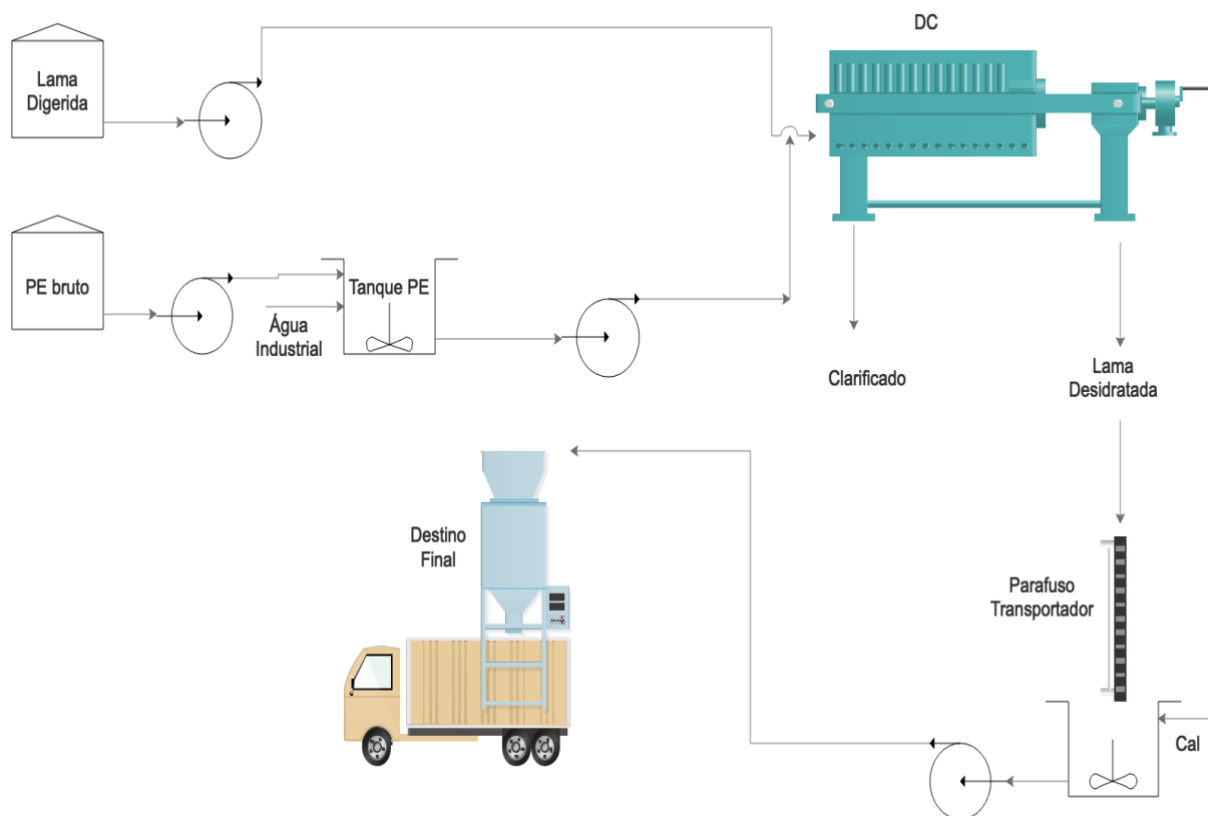


Figura 3.1 - Esquema da Etapa de Desidratação de Lamas da ETAR de Chelas (adaptado de [3]).

O edifício da ED possui dois pontos. Na unidade do processo, encontram-se os equipamentos de desidratação, de preparação de PE e todo sistema de bombas. Enquanto num local ao lado, localiza-se o quadro elétrico geral.

### 3.1.1. Unidade de Preparação de PE

A empresa que fornece os reagentes químicos à Instalação da ETAR de Chelas, é a SNF-Ambientagua e são eles que fazem a consultoria periódica, sobre a utilização do produto que melhor se adapta ao processo.

O PE empregues no processo da presente dissertação foram Ambifloc® AP 1000 P \* (PAM Catiónica em Pó) e Ambifloc® AP 300 EM (PAM Catiónica em Emulsão).

Por forma a efetuar a preparação de PE, dilui-se o PE conforme fornecido em água. Cabe à respetiva empresa que fornece o PE aconselhar o produto que melhor se adapta ao trabalho, a concentração da diluição bem como a dosagem aconselhada. A preparação do PE é sempre realizada com água tratada, já que a ETAR de Chelas, beneficia de 2 circuitos de água independentes, um de água da rede e outro de água tratada. Esta água tratada é uma fração do efluente final da ETAR, pelo que apesar de estar dentro do intervalo de valores permitidos por lei para ser descarregada numa vala pública, não é potável, daí que a própria ETAR apenas use esta água para funções básicas.

#### Unidade de Preparação de PE para Desidratação (DC)

Esta unidade é designada grupo de preparação automático de PE (*POLYPACK AP 10940* da marca *Milton Roy*), o qual é composto por [27]:

- Tremonha para a dosagem de PE em pó, equipada com parafuso doseador (**caso o floculante seja de natureza Pó**) (Figura 3.3);
- Bomba doseadora de PE em Emulsão (**caso o floculante seja de natureza em Emulsão**) (Figura 3.4);
- 1 cuba única, subdividida em 3 compartimentos (preparação, maturação e armazenamento/doseamento) (Figura 3.2);
- 2 electroagitadores;
- Sistema de dispersão de água, do tipo chuveiro;
- Bombas doseadoras de parafuso excêntrico de alimentação ao DC (Figura 3.5).





Figura 3.2 - Cuba de preparação de PE.



Figura 3.3 - Tremonha equipada com parafuso doseador para PE em Pó.



Figura 3.4 - Bomba doseadora de PE em Emulsão.



Figura 3.5 - Bombas doseadoras de parafuso excêntrico para os DC.

Para a preparação/armazenamento do PE (floculante), dispõe-se de uma cuba única, onde esta é subdividida em 3 compartimentos, que estão ligados entre si em que os 2 primeiros funcionam como câmaras de preparação e maturação, respetivamente, e o último funciona como tanque armazenamento (Figura 3.6) [27].

Como o processo é contínuo, o PE (Pó ou Emulsão) à medida que vai sendo doseado e diluído até estar a ser consumido, tem que passar por 2 compartimentos agitados (compartimento de preparação e de maturação), o que promove uma melhor homogeneização da solução final (compartimento de armazenamento/doseamento) [27].

O compartimento de armazenamento/doseamento e o compartimento de preparação estão equipados com sondas de nível. Este último controla a preparação de PE, isto é quando deve ser adicionado água e PE e o de armazenamento serve como segurança, sempre que o nível está muito baixo, alerta o autómato, para interromper a desidratação por forma a precaver possíveis problemas/avarias [27].

- Volume da cuba: aproximadamente  $7,8 \text{ m}^3$ ;
- Tempo de contacto/mistura: aproximadamente 90 min (Pó) e 30 min (Emulsão);
- Velocidade de agitação: aproximadamente 90-100 rpm (Pó) e 900-1000 rpm (Emulsão).

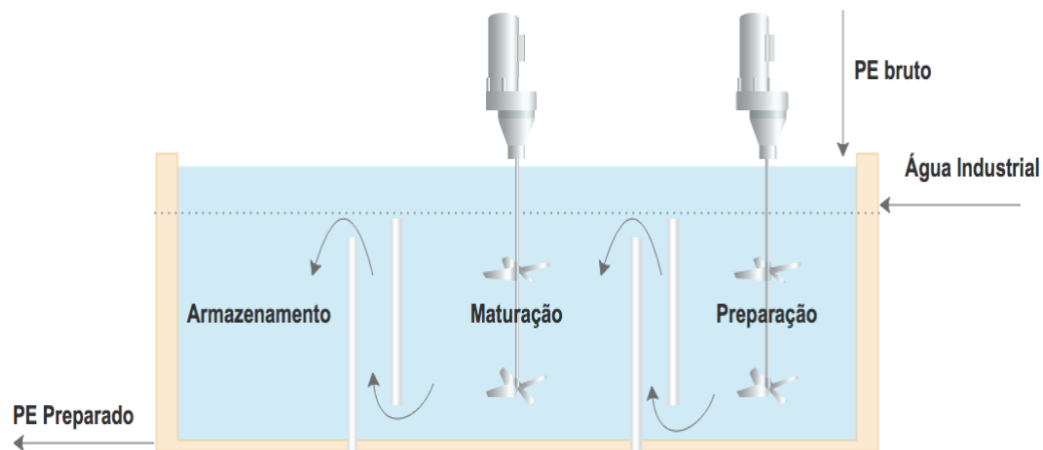


Figura 3.6 - Esquema da Unidade de Preparação de PE (adaptado de [27]).

### 3.1.2. Unidade de Centrifugação

O “coração” da ED propriamente dita, é formada por dois DC, da marca *GUINARD*, modelo D 4 LC 30 B HP e respetivos sistemas de bombagem (Figura 3.7).

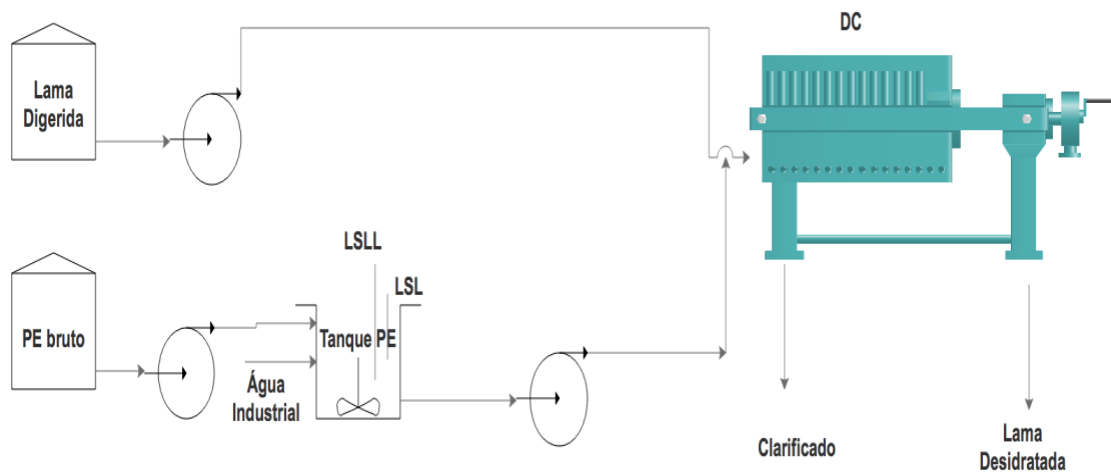


Figura 3.7 - Esquema da unidade de centrifugação (adaptado de [3]).

#### 3.1.2.1. Decantador Centrífugo

O DC (Figura 3.8, 3.9, 3.10, 3.11) corresponde ao núcleo da desidratação da lama. A lama digerida é bombeada de um tanque para o DC, para que este separe os sólidos da água, ficando no final a lama desidratada com um aspecto térreo. Nestes equipamentos a velocidade absoluta da centrífuga é determinada pela marca (*GUINARD*), bem como a afinação que

determina a altura do líquido no tambor do equipamento (placas amovíveis). O operador controla o caudal de alimentação de lama, o caudal de alimentação de polímero, o binário e a velocidade relativa da centrífuga. Está equipada com autômato que irá diminuir a  $V_R$  do parafuso caso ocorra o aumento do Binário. Ao contrário, para diminuir o Binário, o autômato irá aumentar a  $V_R$  do parafuso. As lamas desidratadas são recuperadas por baixo das centrífugas, por dois parafusos transportadores, equipados com um sistema de purga automático por válvula pneumática [3].



Figura 3.8 - DC GUINARD, modelo D 4 LC 30 B HP.



Figura 3.9 - Caudalímetro.





Figura 3.10 - Parafuso do DC.



Figura 3.11 - Saída do Clarificado.

### 3.1.3. Misturador Cal/Lamas

Com o propósito de estabilizar as lamas desidratadas sob o ponto de vista microbiológico (destruição de microorganismos) e melhorar o seu valor agrícola (incremento do teor em cálcio), é-lhes adicionada Cal Hidratada antes de serem elevadas para o silo das lamas. Os parafusos transportadores identificados nas centrífugas descarregam as lamas numa misturadora cal/lamas (Figura 3.12), sendo que a correta mistura de cal com as lamas é controlada localmente, por um quadro elétrico próprio. A cal para estabilização das lamas

desidratadas encontra-se armazenada num silo, equipado com um vibrador e uma tremonha, um parafuso doseador e um misturador cal/lamas (Figura 3.13).

A mistura cal/lamas é uma reação exotérmica, que conduz ao aumento da temperatura da tremonha e do parafuso de elevação de lamas desidratadas. A temperatura deverá, portanto, ser monitorizada em contínuo, de forma a garantir o normal funcionamento e a integridade física dos equipamentos envolvidos neste processo [3].



Figura 3.12 - Misturadora cal/lamas.



Figura 3.13 - Tremonha e vibrador de cal.

### 3.1.4. Unidade de Armazenagem

Considerou-se ainda, a parte da armazenagem como mais uma unidade, visto ser uma peça indispensável em todo o processo (Figura 3.14).

#### 3.1.4.1. Armazenagem do PE

##### Pó

Este PE é fornecido em paletes de 1000 kg (que contém 40 sacos individuais de 25 kg), sendo que apenas os que estão a uso devam estar na unidade, no sítio apropriado para o efeito, e os de reserva devem ser colocados em armazém para os proteger da humidade, temperaturas extremas e luz solar [25].

##### Emulsão

Este PE é fornecido em cubas de 1050 kg (1000 l), sendo que apenas os que estão a uso devam estar na unidade, no sítio apropriado para o efeito, e os de reserva devem ser colocados em armazém para os proteger da humidade, temperaturas extremas e luz solar [25].



Figura 3.14- Unidade de armazenamento do PE.

#### 3.1.4.2. Armazenagem de Lamas Digeridas

A lama à saída dos digestores é encaminhada para um tanque de lamas digeridas, antes de ser bombeada, por parafusos excêntricos, para a unidade de desidratação (Figura 3.15). Este tanque detém de uma capacidade de 50 m<sup>3</sup> e serve como tanque tampão, de modo a

manter uma alimentação contínua às centrífugas amortecendo as variações de caudal provocadas pela alimentação aos digestores [3].



Figura 3.15 - Tanque de lamas digeridas e Bombas de parafuso excêntrico relativa alimentação do DC.

Este tanque é agitado e possui uma sonda de nível ligada ao autômato, que tem como funções informar o operador sobre a quantidade de lama existente no tanque e parar o processo de desidratação, caso o nível do tanque esteja muito baixo [3].

#### 3.1.4.3. Armazenagem de Lamas Desidratadas

Por fim, para o armazenamento final da lama desidratada, esta é bombeada por parafuso de transferência (Figura 3.16) para um Silo de Lamas (Figura 3.17), onde *à posteriori*, através de dois parafusos sem fim (Figura 3.18), é descarregada diretamente dentro de uma galera, na qual será feita o seu transporte [3].



Figura 3.16 - Parafusos excêntricos para transporte de lama desidratada.





Figura 3.17 - Silo de lamas desidratadas.



Figura 3.18 - Sistema de controlo do enchimento da galera.

A disposição da lama no interior da galera é feita de forma manual pelo operador.



## 4. Materiais e Métodos

No capítulo em questão são apresentados os equipamentos, materiais e procedimentos utilizados para a realização desta dissertação. Todos os ensaios, à exceção dos ensaios laboratoriais semanais para o controlo de ST, SST e % MS, foram realizados na ETAR de Chelas. Os ensaios laboratoriais para o controlo dos respetivos parâmetros de ST, SST e % MS foram realizados pelo laboratório certificado da empresa AdTA S.A, em Beirolas, tendo-se retirado os dados da plataforma “InLabLims”.

### 4.1. Metodologia dos Ensaios

No âmbito da presente dissertação, nesta fase de testes, levou-se a cabo vários ensaios experimentais, isto é, sem que a ED tenha parado, com várias manipulações de forma a conseguirmos atingir os valores adequados. Durante cada ensaio houve uma monitorização constante de todo o processo, bem como recolhas de amostras, para serem analisadas.

- Os resultados no Controlo Local (ETAR), que era baseado nos valores dos ensaios na Balança de Secagem;
- Os resultados enviados para o Laboratório de Beirolas e visualizados na plataforma “InLabLims”.

Daí que, no final equiparou-se o valor obtido na ETAR com o do laboratório de Beirolas, para verificar alguma discrepância.

### 4.2. Ensaios Laboratoriais

É de referir que, existem diversos métodos comuns para a determinação da dosagem ótima de floculante, por forma a promover a mistura entre a lama e o PE. A via mais tradicional, na qual resulta o método escolhido, diz respeito ao Método do Copo (“*Beaker Method*”) (Figura 4.1), onde ocorre a transferência da mistura (despejar) de um copo para um outro. Este método permite a simulação da floculação, contudo, tem o inconveniente de apresentar baixo stress (tensão), embora exhibe, adequadamente, a dinâmica de desenvolvimento dos flocos [24].

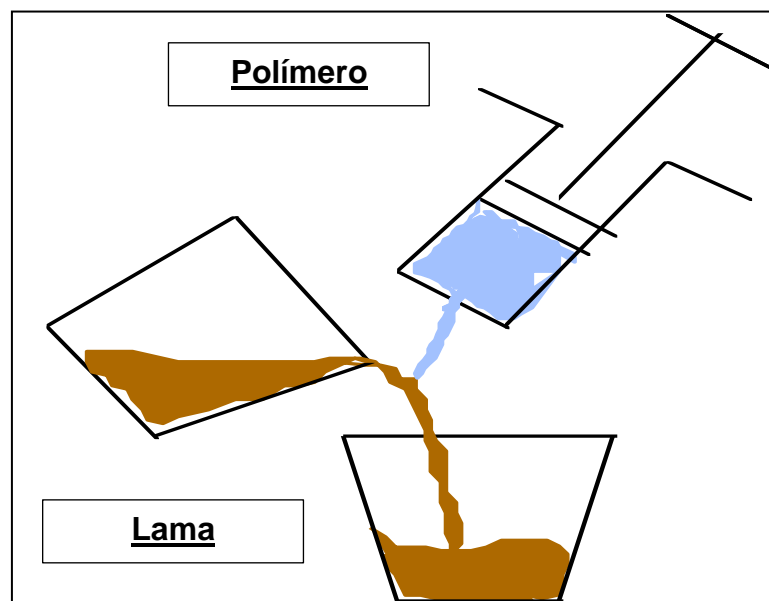


Figura 4.1 - Representação esquemática do Método do Copo [24].

O respetivo protocolo encontra-se no Anexo A, bem como as fichas de segurança dos reagentes utilizados nos Anexos B.1 e B.2.

Foram realizados vários ensaios com diferentes dosagens de floculante e com dois diferentes tipos de PE, Pó (solução a 3 %) e Emulsão (solução a 6%), estabelecendo-se análise comparativa entre eles.

A recolha das amostras foi efetuada sempre da mesma forma e a sua análise compreende sempre o mesmo método.

Para a realização e caracterização dos ensaios laboratoriais dispôs-se dos seguintes parâmetros e equipamentos:

#### Sólidos totais

Os Sólidos Totais foram determinados através da Balança de Secagem da Kern & Sohn GMBH (D-72336, Alemanha) e modelo DBS 60,3 (Figura 4.2), com uma resolução de pesagem de  $\pm 1$  mg. A massa típica da amostra que foi testada foi de 9-10 g.



Figura 4.2 - Balança de Secagem da Kern & Sohn GMBH (D-72336, Alemanha) modelo DBS 60,3.

### Sólidos Voláteis

Os Sólidos Voláteis foram fornecidos pelo laboratório da empresa em Beírolas.

### pH

O pH das amostras foi medido diretamente através do medidor de pH da Metrohm 744 (Figura 4.3).



Figura 4.3 - Medidor de pH da Metrohm 744.

## Viscosidade

A Viscosidade foi medida diretamente através do viscosímetro rotacional Brookfield da Fungilab (Figura 4.4).



Figura 4.4 - Viscosímetro rotacional Brookfield da Fungilab.

### **4.3. Ensaios Industriais**

Após se terem realizado todos ensaios laboratoriais, onde se definiu a dosagem ótima de PE, passou-se à fase de ensaios industriais.

A abordagem que foi usada para otimização do DC consistiu na manipulação de algumas variáveis do sistema e o acompanhamento permanente do processo.

Os resultados desta fase serviram como suporte de estudo para se estabelecer um plano para melhorar o funcionamento da ED.

O doseamento de floculante num decantador centrífugo da ED afeta várias variáveis, as quais devem, também, ser estudadas com sua alteração. Nesta etapa de tratamento, subsistem múltiplas variáveis controladas, como: a % MS das lamas desidratadas e remoção de ST do clarificado, o qual está relacionado com a taxa de captura do DC. Para controlar estas variáveis, durante os ensaios manipularam-se:

- O Caudal de Lama Digerida (Figura 4.6);
- O Caudal de PE (Figura 4.7);
- O Binário (Figura 4.5);
- A Velocidade Relativa (Figura 4.5);



Figura 4.5 - Quadro de controlo do Binário do DC.

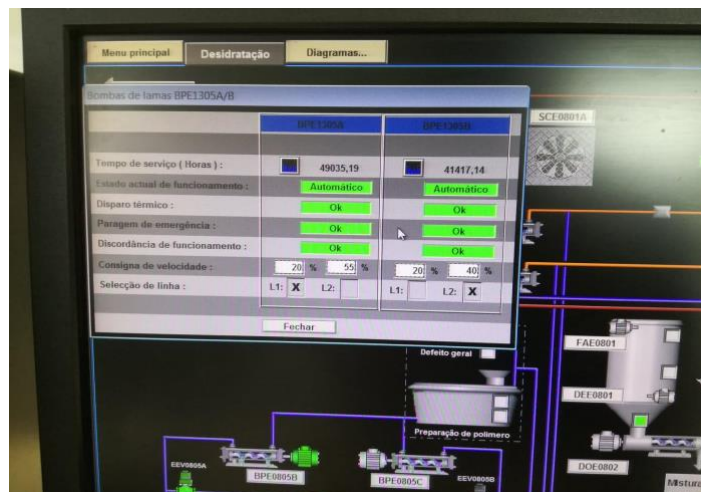


Figura 4.6 - Quadro de controlo da Bomba de Lama Digerida (Alimentação).

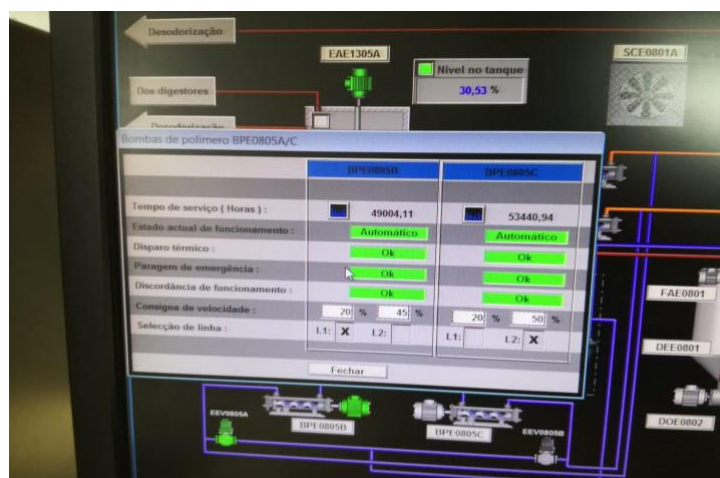


Figura 4.7 - Quadro de controlo da Bomba de PE.



A otimização do desempenho do DC baseou-se na variação de um parâmetro (de cada vez) dentro de sua faixa operacional e, sempre que possível, mantendo todos os outros parâmetros constantes. Geralmente, o DC foi configurado com os parâmetros de controle desejados e, em seguida, permitiu que ela funcionasse por 15-20 minutos por forma a atingir a estabilidade do processo, precedentemente da colheita das amostras, seja de lama digerida, de lama desidratada e do clarificado.

As amostras de lama digerida (Figura 4.8), lama desidratada (Figura 4.9) e clarificado foram analisadas para Sólidos Totais (% ST) usando para o efeito a Balança de Secagem Kern & Sohn (D-72336, Alemanha) e modelo DBS 60,3, com massa típica de amostra testada de 9-10 g.



Figura 4.8 - Amostra de Lama Digerida.



Figura 4.9 - Amostra de Lama Desidratada.



#### 4.4. Método de Cálculos Auxiliares

Por forma a efetuar o tratamento de dados recolhidos nesta fase, utilizou-se a ferramenta *Microsoft Excel*. Seguidamente, vão ser enunciadas as fórmulas usadas nos respetivos cálculos.

Para a os resultados que obtivemos durante os ensaios, foram utilizadas as seguintes fórmulas:

##### 4.4.1. Rácio

De maneira a termos uma melhor percepção sobre a dosagem de PE utilizada no processo de desidratação, foi calculado um rácio (Equação 4.1):

$$\frac{Q_{PE}}{Q_{Lama}} = \frac{\text{Caudal de PE } (\frac{m^3}{h})}{\text{Caudal de Lama } (\frac{m^3}{h})} \times 100 \quad (4.1)$$

##### 4.4.2. Carga Mássica

Esta equação traduz a quantidade de sólidos por hora no equipamento (Equação 4.2):

$$\text{Carga Mássica } (\frac{kg}{h}) = Q_{Lama} (\frac{m^3}{h}) \times ST_{Lama \text{ Digerida}} (\frac{g}{dm^3}) \times 0,001 (\frac{kg}{g}) \times 1000 (\frac{dm^3}{m^3}) \quad (4.2)$$

##### 4.4.3. Dose de PE no DC

Esta equação traduz a quantidade de PE por tonelada de Matéria Seca (Equação 4.3):

$$\text{Dose PE, kg/ton}_{MS} = \frac{ST_{PE} (\frac{g}{dm^3}) \times Q_{PE} (\frac{m^3}{h})}{ST_{Lama \text{ Digerida}} (\frac{g}{dm^3}) \times Q_{Lama} (\frac{m^3}{h})} \times 1000 (\frac{kg}{ton}_{MS}) \quad (4.3)$$

##### 4.4.4. Taxa de Captura do DC

Na ED, pode ocorrer perdas significativas de lama através do clarificado. Este cálculo serve para determinar o rendimento do processo de centrifugação (Equação 4.4):

$$\text{Taxa de Captura, \%} = \frac{ST_{Lama \text{ Desidratada}} (\frac{g}{dm^3}) \times (ST_{Lama \text{ Digerida}} (\frac{g}{dm^3}) - ST_{Clarificado} (\frac{g}{dm^3}))}{ST_{Lama \text{ Digerida}} (\frac{g}{dm^3}) \times (ST_{Lama \text{ Desidratada}} (\frac{g}{dm^3}) - ST_{Clarificado} (\frac{g}{dm^3}))} \times 100 \quad (4.4)$$



## 5. Apresentação e Discussão de Resultados

No presente capítulo, procede-se à apresentação dos resultados obtidos nesta dissertação a nível laboratorial e industrial, bem como a análise e respetiva discussão dos resultados.

### 5.1. Ensaios *Jar Test* (Método do Copo)

Através do Método do Copo efetuou-se ensaios com diferentes dosagens de PE, Pó e Emulsão, avaliando assim, a dinâmica de floculação exercida.

#### 5.1.1. PE em Pó

Cada *Jar Test* foi efetuado, de acordo com o protocolo em vigor, o qual pode ser consultado na Tabela C.1 em Anexo C.1.

Em termos gerais, no que diz respeito ao teste concretizado para o floculante em Pó (concentração 3 g/l), tendo em conta a temperatura ambiente (19°C a 21°C), pH de 7,39, uma  $MS_{Lama\ Digerida}$  de 2,49 % e volume de 200 ml, o volume ótimo de PE aplicado é de 29 ml, pois é quando se verifica um Clarificado “Bom” e uma Floculação com “Floco Grande”. Assim, a partir deste volume ótimo obtido, consegue-se saber o valor da Dose PE que é de 8,3 kg/ton MS, valor esse que é próximo do fornecido pelo fornecedor (9 kg/ton<sub>MS</sub>).

#### 5.1.2. PE em Emulsão

Cada *Jar Test* efetuado, de acordo com o protocolo em vigor, o qual pode ser consultado na Tabela C.2 em Anexo C.2.

Em termos gerais, no que diz respeito ao teste concretizado para o floculante em Pó (concentração 6 g/l), tendo em conta a temperatura ambiente (25°C a 27°C), pH de 7,1, uma  $MS_{Lama\ Digerida}$  de 2,36 % e volume de 200 ml, o volume ótimo de PE aplicado é de 19 ml, pois é quando se verifica um Clarificado “Muito Bom” e uma Floculação com “Floco Grande”. Assim, a partir deste volume ótimo obtido, consegue-se saber o valor da Dose PE que de 24,1 kg/ton MS, valor esse que é próximo do fornecido pelo fornecedor (25 kg/ton<sub>MS</sub>).

### 5.2. Ensaios Industriais

A ED é um processo que frui de bastante inércia, ou seja, é requerido tempo para que desponhem os efeitos da manipulação das variáveis. Isto ocorre principalmente na parte da digestão da lama, visto que a lama à medida que vai sendo digerida, vai sendo depositada num tanque com uma capacidade de 50 m<sup>3</sup>. O facto de se ter este tanque tampão permite manter uma alimentação contínua às centrífugas amortecendo as variações de caudal provocadas pela alimentação aos digestores.

Requer-se que a ED seja um processo contínuo, ou seja, o pretendido é que o DC não suspenda o seu funcionamento por carência de lama no tanque de lamas digeridas. Aquando

desta paragem pelos respetivos motivos, apenas as bombas de alimentação de lama digerida e de PE deixam de funcionar, sendo que o próprio equipamento, DC, mantém-se a funcionar durante cerca de 15 a 20 min, e caso após este período, se a circunstância que fez com que parte do processo ficasse interrompido, não esteja resolvida, o equipamento entra automaticamente em lavagem como medida de manutenção. Daqui deriva um gasto energético inútil e uma vez que o equipamento entra em lavagem será necessário aguardar 30 min até o presente processo estar findado, e assim apenas após a lavagem o DC arranca novamente para o processo de desidratação.

Pretende-se também que o clarificado do DC apresente o mínimo de partículas de lama possível, visto que, quanto mais lama este apresentar, mais lama estamos a remeter novamente para a ETAR, o que promove uma quebra de rendimento, com gasto maior de energia e de PE.

Relativamente às análises, cada amostra recolhida corresponde às alterações efetivadas no período anterior, isto é, as alterações eram feitas no início de cada período; eram averbados os valores das variáveis e por fim era aguardado o tempo necessário por forma a ver o processo de novo estabilizado, e só aí havia a recolha da respetiva amostra. No arranque, eram executadas alterações úteis até se conseguir ter um processo estável, isto é, a trabalhar sem interrupções, e só assim é que se consumava o teste.

### **5.2.1. PE em Pó**

Neste subcapítulo apresentam-se os diferentes resultados industriais obtidos para o PE em Pó, durante os meses de Maio a Junho.

#### **Teste 1**

Tendo este Teste 1 (Figura 5.1) o objetivo de estudar a resposta do DC a diferentes caudais de alimentação de lama. Para o efeito, manipulou-se a bomba de alimentação de lamas por forma a obter diferentes caudais, de 10 m<sup>3</sup>/h a 15 m<sup>3</sup>/h. O desempenho do DC foi altamente sensível ao caudal de alimentação. Embora a capacidade nominal do DC fosse de 500 kg/h, o seu desempenho foi, significativamente melhor a caudais mais baixos (Figura 5.2).

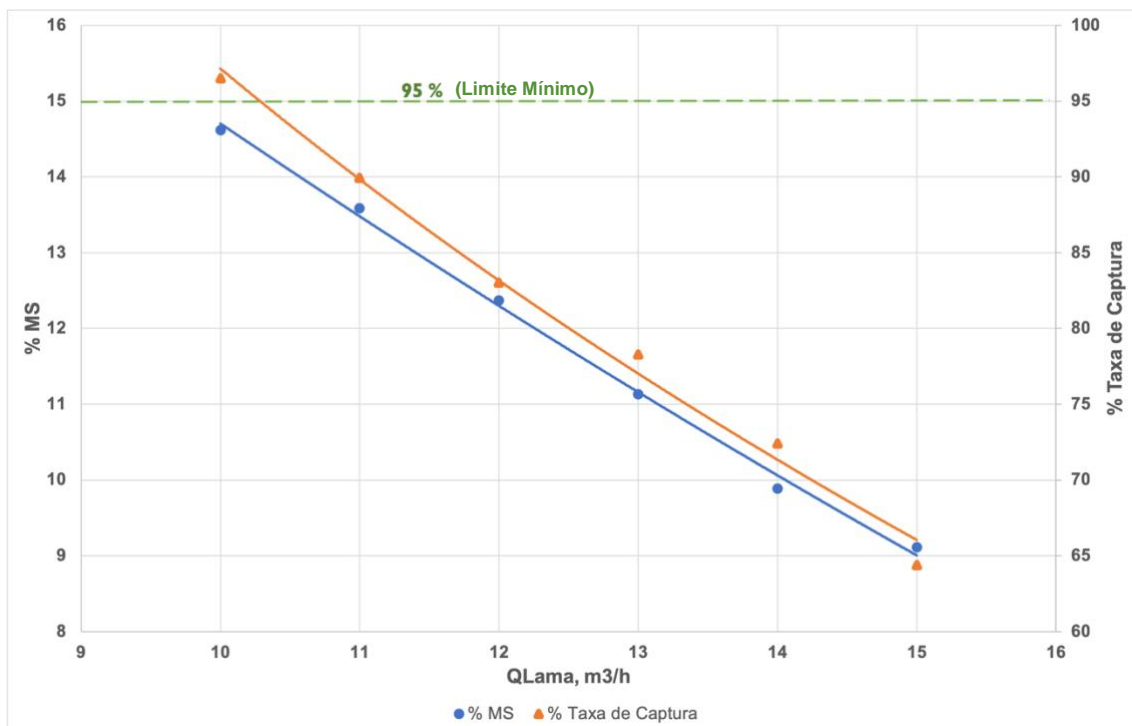


Figura 5.1 - Resposta do DC à variação do  $Q_{Lama}$  durante o Teste 1 com os seguintes parâmetros:  $Q_{PE}$  1,16 m³/h; Binário 13 %; Consumo<sub>PE</sub> 0,4 kg/h.

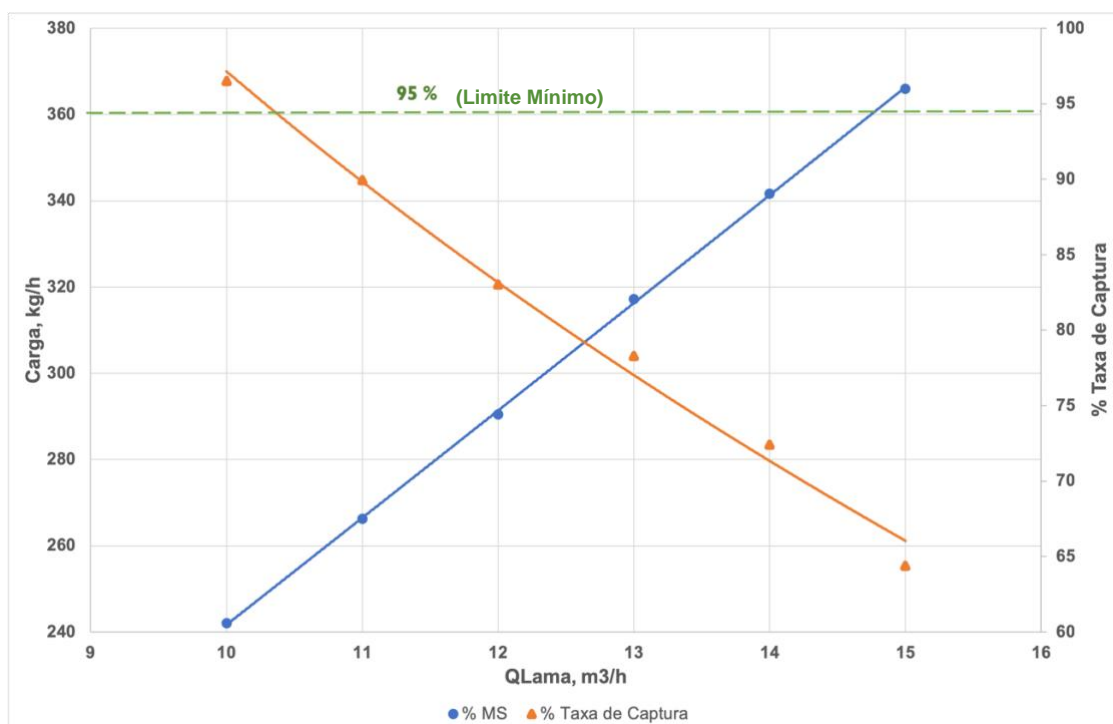


Figura 5.2 - Carga mássica do DC durante Teste 1 com os seguintes parâmetros: MS Lama Digerida 2,4 %.

Observando a Figura 5.2, denota-se que neste ensaio a carga do equipamento fora quase sempre inferior à capacidade máxima.

Como primeira análise percebeu-se que a resposta do DC a um caudal cada vez maior, isto é, aumentando a carga mássica do DC, não era a melhor, uma vez que o clarificado apresentava uma maior quantidade de lama. Todavia, o rendimento destas foi de 77,21% e a dosagem média de PE foi de 6,6 (kg/tonMS), cerca de 27% abaixo do limite.

## Teste 2

Com o Teste 2 (Figura 5.3 e 5.4), pretendeu-se operar o DC com cargas média, tentando melhorar a resposta destas (% MS) através do aumento da dosagem de PE, tendo-se para isso utilizado mais PE no DC.

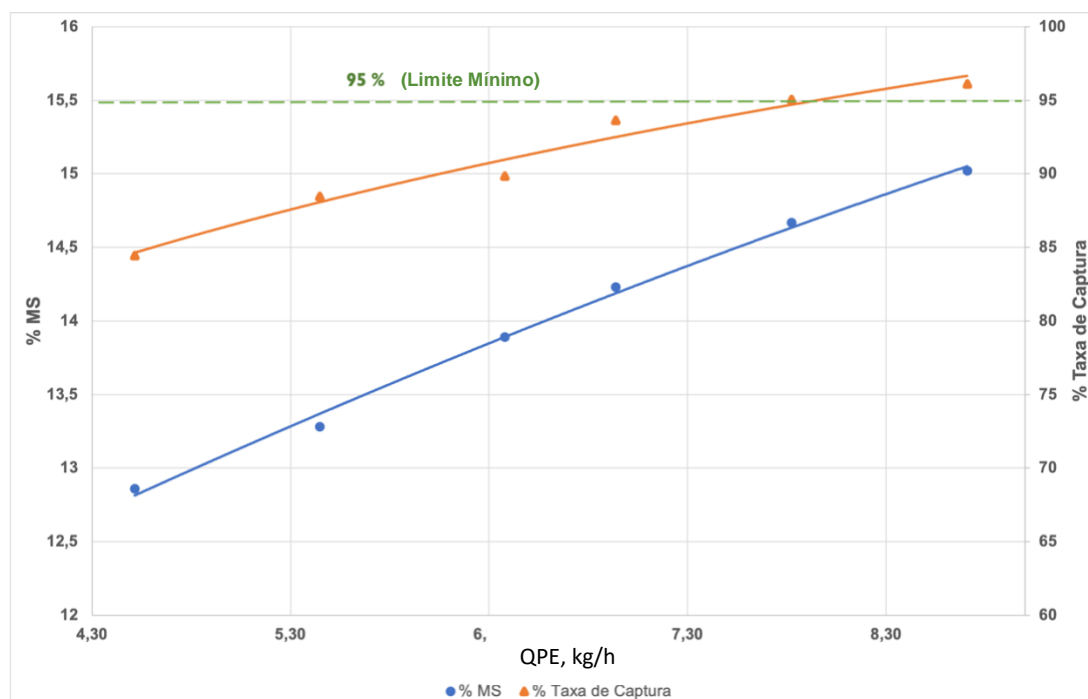


Figura 5.3 - Resposta do DC à variação do consumo de PE durante o Teste 2 com os seguintes parâmetros:  $Q_{Lama}$  12 m<sup>3</sup>/h; Carga Mássica 280 kg/h; Binário 13 %.

Tendo em conta uma Carga Mássica de 280 kg/h e um Binário de 13 %, incrementou-se o Consumo<sub>PE</sub> de 4,5 kg/h para 8,7 kg/h, e foi conseguida uma melhoria na % MS, de 12,7 % para 15 %, ou seja, aumento de 15 %, e ao mesmo tempo promover o clarificado mais limpo, o que se traduz no aumento da % Taxa de Captura, atingindo 95%.

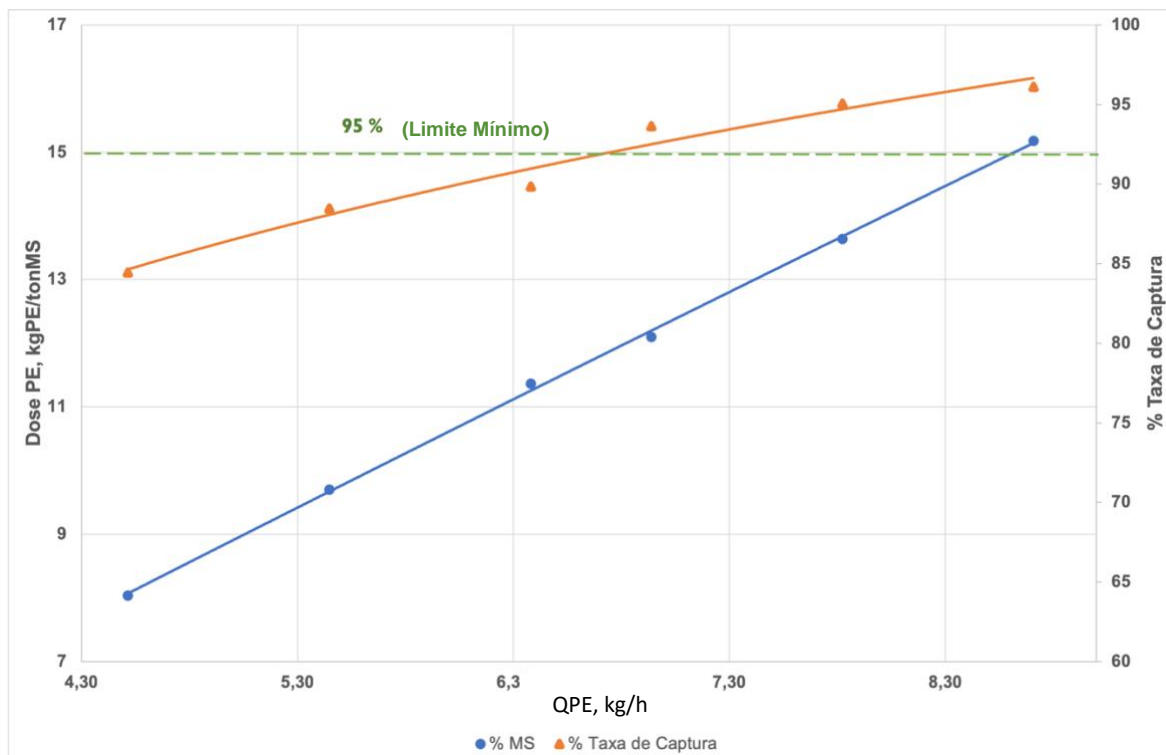


Figura 5.4 - Dose de PE no DC durante o Teste 2 com os seguintes parâmetros:  $Q_{Lama}$  12 m<sup>3</sup>/h; Carga Mássica 280 kg/h.

Apesar de esta série ser conduzida sob diferentes condições de consumo de PE, refletindo-se na variação da Dose<sub>PE</sub>, de 8 a 15 kg<sub>PE</sub>/ton<sub>MS</sub>. Apesar de se ter aumentado o consumo de PE no DC, o que se traduz num aumento médio de 46%. De um modo geral, as Doses<sub>PE</sub> foram, significativamente maiores que o valor de referência do fornecedor, que é de 9 kg<sub>PE</sub>/ton<sub>MS</sub>, mas com melhorias a nível do clarificado, onde se verifica menor quantidade de sólidos (maior % Taxa de Captura).

### Teste 3

No presente Teste 3 (Figura 5.5) pretendeu-se aumentar a % MS.

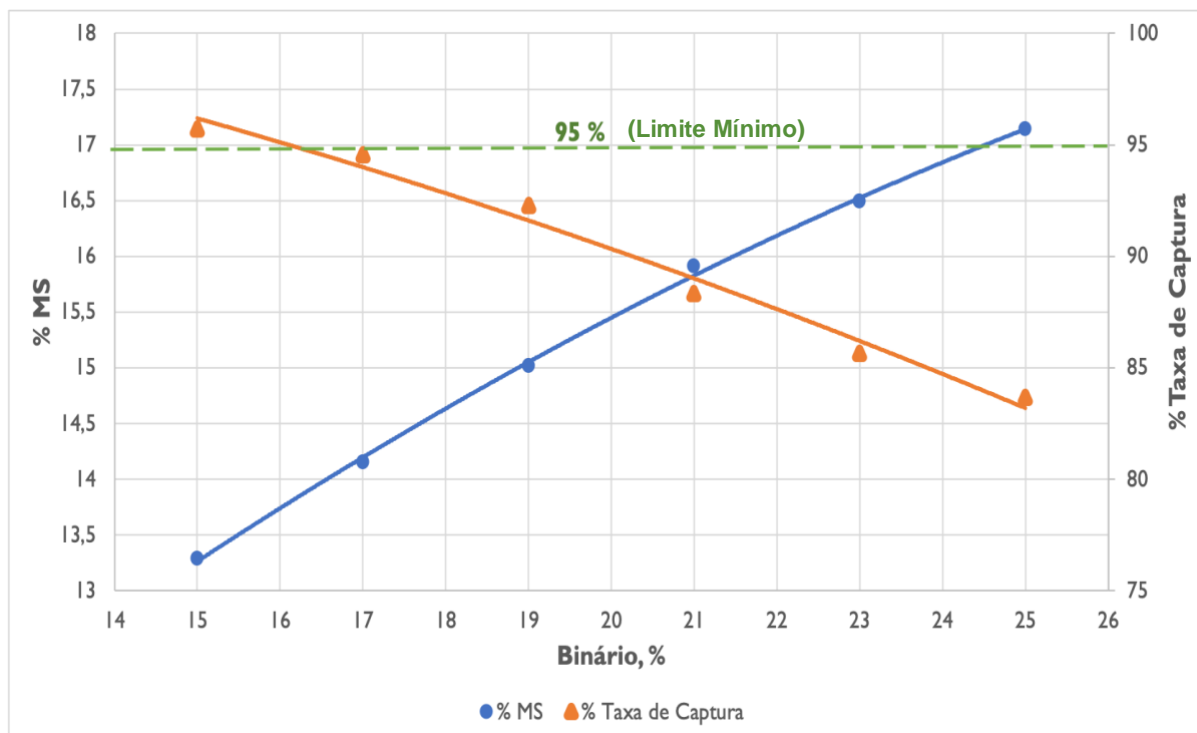


Figura 5.5 - Efeito da variação do Binário no DC em relação à % MS durante o Teste 3 com os seguintes parâmetros:  $Q_{Lama}$  12 m<sup>3</sup>/h; Carga Mássica 280 kg/h;  $Q_{PE}$  1,6 m<sup>3</sup>/h Consumo<sub>PE</sub> 5,6 kg/h; Dose<sub>PE</sub> 10 kg/tonMS.

Neste Teste, tendo em conta uma Carga Mássica de 280 kg/h, Consumo<sub>PE</sub> de 5,6 kg/h e Dose<sub>PE</sub> de 10 kg/tonMS, fez-se variar o Binário entre 15 % a 25 % e verificou-se que % MS da lama variou, respetivamente, entre 13,3 % e 17,1 % para uma Taxa de Captura, entre 96 % e 83 %.

Revela-se que a desidratação da lama foi bastante sensível às mudanças no ponto de ajuste do Binário, onde com maior Binário, de 25 %, origina-se melhor secura da lama, o que se verifica pelo aumento da % MS, atingindo os 17,1 %, com um aumento médio de 21 %. Contudo, a Taxa de Captura, diminui de 96 % para 83 %, ou seja, o clarificado detinha de uma elevada percentagem de partículas de lama.

#### Teste 4

O objetivo deste Teste 4 (Figura 5.6 e 5.7) vem na mesma linha do anterior, embora pretendeu-se melhorar a qualidade do clarificado, isto é, aumentar a % Taxa de Captura do DC.



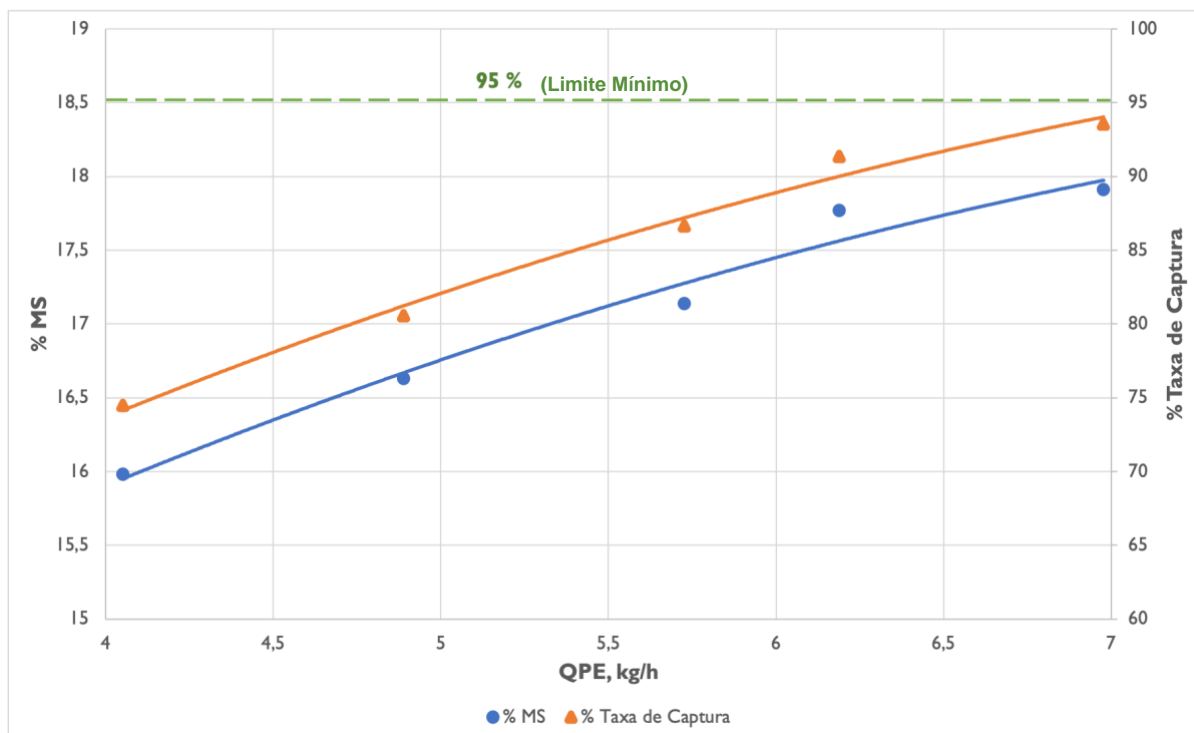


Figura 5.6 - Resposta do DC à variação do consumo de PE durante o Teste 4 com os seguintes parâmetros:  $Q_{Lama}$  12 m<sup>3</sup>/h; Carga Mássica 285 kg/h; Binário 25 %.

Este Teste teve uma Carga Mássica de 285 kg/h e, praticamente, o mesmo valor de Binário do Teste 3, de 25 %, contudo houve incremento do Consumo<sub>PE</sub> de 4 kg/h para 6,9 kg/h, e foi conseguida uma melhoria na % MS, de 16,5 % para 18,4 %, ou seja, aumento de 10 %. Registou-se uma melhor % Taxa de Captura de, cerca, 94 %, o que significa menos perdas de lama pelo clarificado.

Este ensaio mostrou que era possível melhorar o clarificado, mantendo um teor de % MS elevado, na ordem 17-18 %.

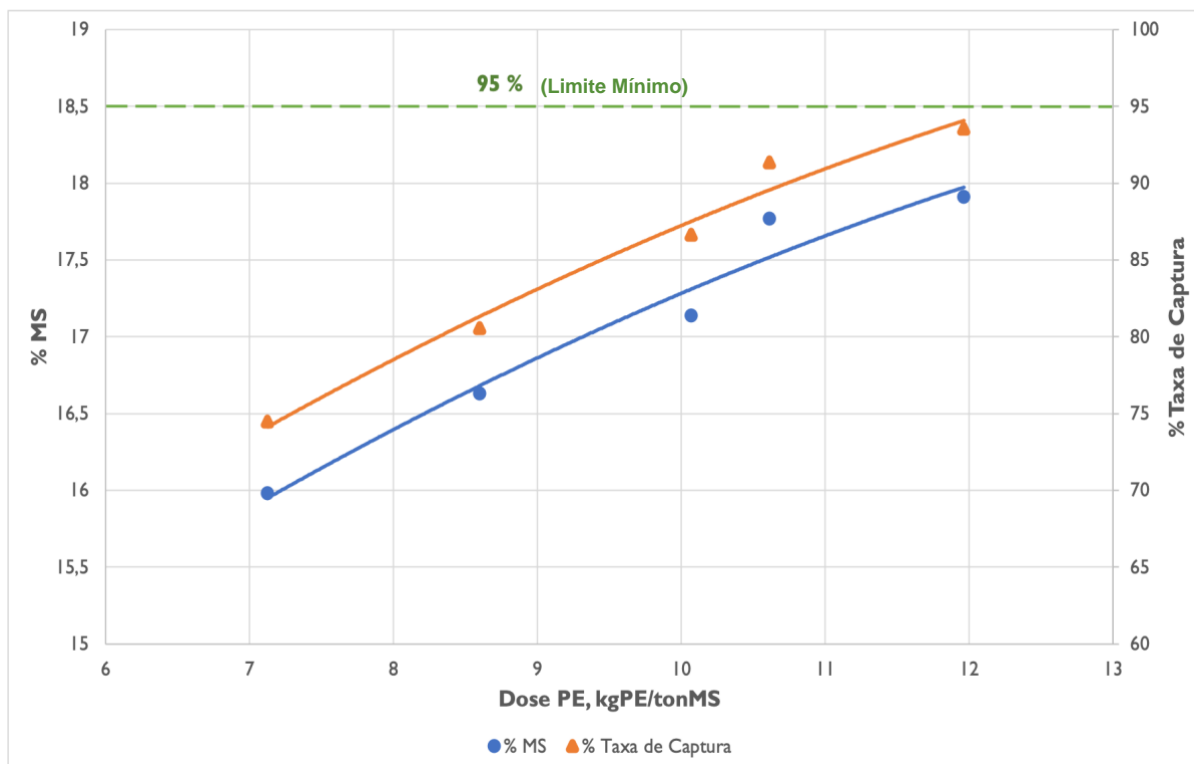


Figura 5.7 - Dose de PE no DC durante o Teste 4 com os seguintes parâmetros:  $Q_{Lama}$  12 m<sup>3</sup>/h; Carga Mássica 298 kg/h; Binário 21 %.

Apesar de se ter registado uma melhoria nas perdas de lama pelo clarificado e um teor de % MS elevado, as Doses<sub>PE</sub> foram, ligeiramente superiores, 12 kg/ton<sub>MS</sub>, cerca de, 25 % superior ao valor de referência do fornecedor, que é de 9 kg<sub>PE</sub>/ton<sub>MS</sub>.

### Teste 5

Com o Teste 5 (Figura 5.8), pretendeu-se novamente operar o DC com carga mássica média, tentando manter a resposta destas, % MS e clarificado, mas diminuindo dosagem de PE.

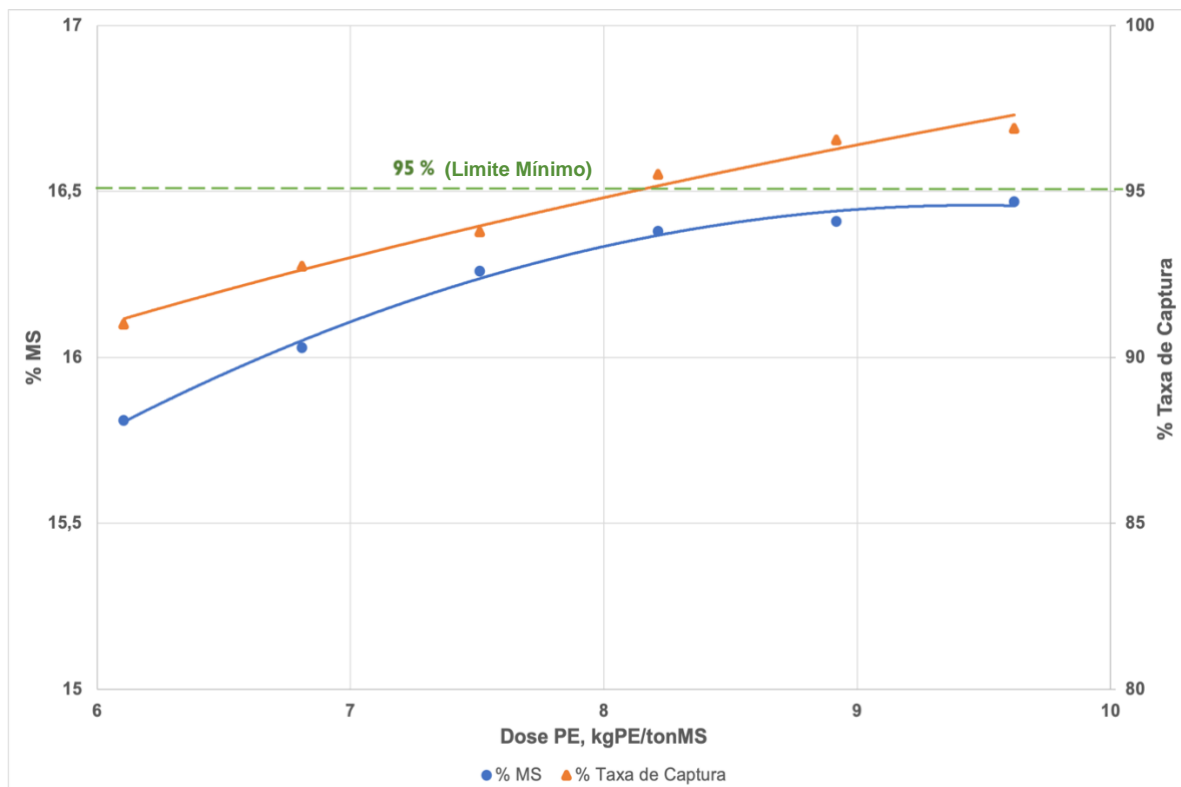


Figura 5.8 - Dose de PE no DC durante o Teste 5 com os seguintes parâmetros:  $Q_{Lama}$  12 m<sup>3</sup>/h; Carga Mássica 298 kg/h; Binário 21 %.

Apesar de esta série, ter em conta Carga Mássica de 298 kg/h e Binário 21 %, ser conduzida sob diferentes condições de Consumo<sub>PE</sub>, refletindo-se na variação da Dose<sub>PE</sub> até limite sugerido pelo fornecedor, de 6 a 9 kg<sub>PE</sub>/ton<sub>MS</sub>. Com incremento da respetiva Dose<sub>PE</sub>, foi alcançada uma % MS, a rondar os 16 %, ou seja, aumento de 15 %, e ao mesmo tempo a % Taxa de Captura, situou-se nos 97 %.

### 5.2.2. PE em Emulsão

Neste subcapítulo apresentam-se os diferentes resultados industriais obtidos para PE em Emulsão, durante os meses de Julho a Agosto.

#### Teste 1

Com o Teste 1 (Figura 5.9), pretendeu-se operar o DC com cargas elevada, tentando melhorar a resposta destas (%MS) através do aumento do Binário.

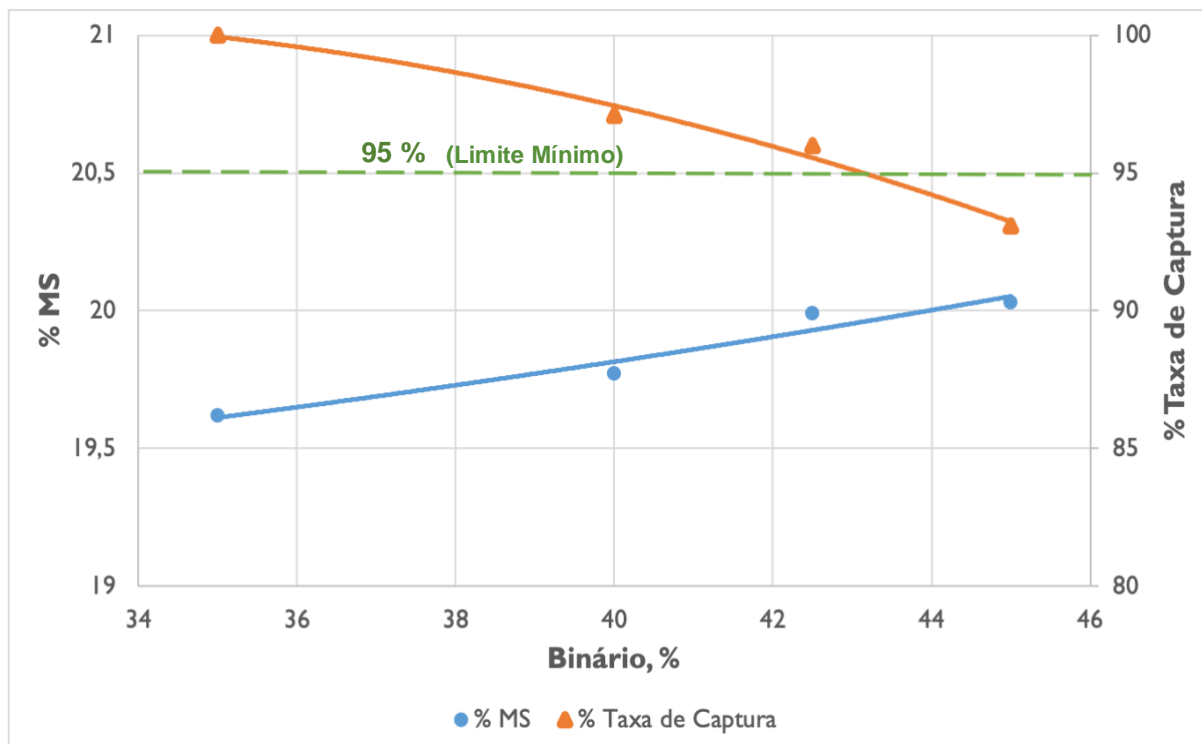


Figura 5.9 - Efeito da variação do Binário no DC em relação à % MS durante o Teste 1 com os seguintes parâmetros:  $Q_{Lama}$  15 m<sup>3</sup>/h; Carga Mássica 369 kg/h;  $Q_{PE}$  2,2 m<sup>3</sup>/h Consumo<sub>PE</sub> 3,7kg/h; Dose<sub>PE</sub> 10,4 kg/ton<sub>MS</sub>.

Neste Teste, tendo em conta uma Carga Mássica de 369 kg/h, Consumo de Polímero de 3,7 kg/h e Dose de Polímero de 10,4 kg/ton<sub>MS</sub>, fez-se variar o Binário entre 35 % a 45 % e verificou-se que % MS da lama variou, respetivamente, entre 19,6 % e 20,1 % para uma Taxa de Captura, entre 100 % e 93 %.

Como é perceptível pela Figura 5.9, a desidratação da lama foi bastante sensível às mudanças no ponto de ajuste do Binário, onde com maior Binário origina-se melhor secagem da lama, o que se verifica pelo aumento da % MS, atingindo os 20 %, com aumento médio de 2 %. Todavia, a Taxa de Captura, diminuiu de cerca 7 %, atingindo os 93%, valor abaixo do limite que é 95 %.

### Teste 2

Neste Teste (Figura 5.10) intentou-se melhorar a siccidade da lama fazendo variar dois parâmetros, o Binário e  $Q_{PE}$ .

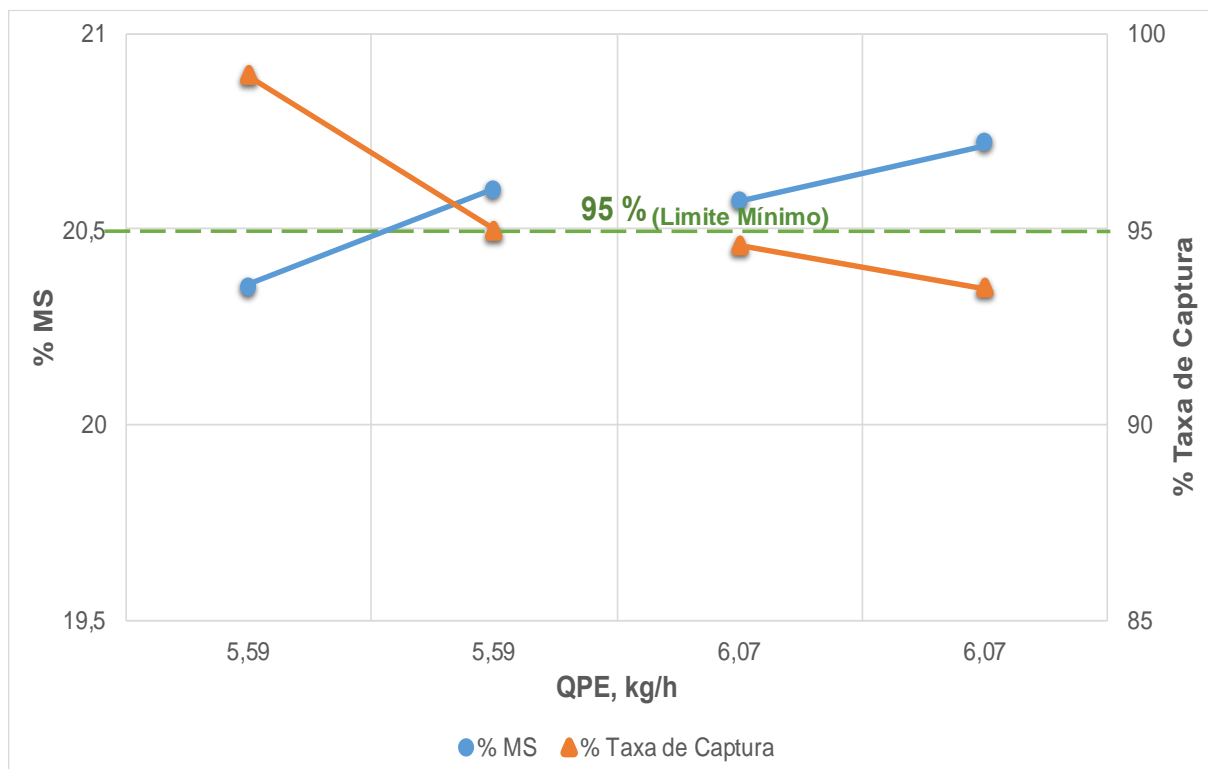


Figura 5.10 - Resposta do DC à variação do consumo de PE, juntamente com variação do Binário, durante o Teste 2 com os seguintes parâmetros:  $Q_{Lama}$  12 m<sup>3</sup>/h; Carga Mássica 296 kg/h; Binário 40 % e 42,5 % para o 1º e 2º ponto, respetivamente, e 42,5 e 45 para 3º e 4º ponto, respetivamente.

Primeiramente, tendo em conta uma Carga Mássica de 296 kg/h, manteve-se o consumo de PE a 5,59 kg/h e fez-se variar o Binário entre 40 % a 42,5 %, onde foi conseguida uma melhoria ligeira na % MS, de 20,3 para 20,6. Registou-se ainda, uma descida na % Taxa de Captura de, 99 % a 95 %, o que significa ligeiras perdas de lama pelo clarificado.

Posteriormente, aumentou-se o consumo de PE para 6,07 kg/h, e fez-se variar o Binário entre 42,5 % a 45 %, contudo verificou-se que % MS não elevou muito mais, atingindo os 20,7 %, em que % Taxa de Captura desceu até 93 %, abaixo do valor limite.

### Teste 3

Com o Teste 3 (Figura 5.11), pretendeu-se operar o DC com cargas média, tentando melhorar a resposta destas (% MS) através do aumento da dosagem de PE, tendo-se para isso utilizado mais PE no DC (Figura 5.12).

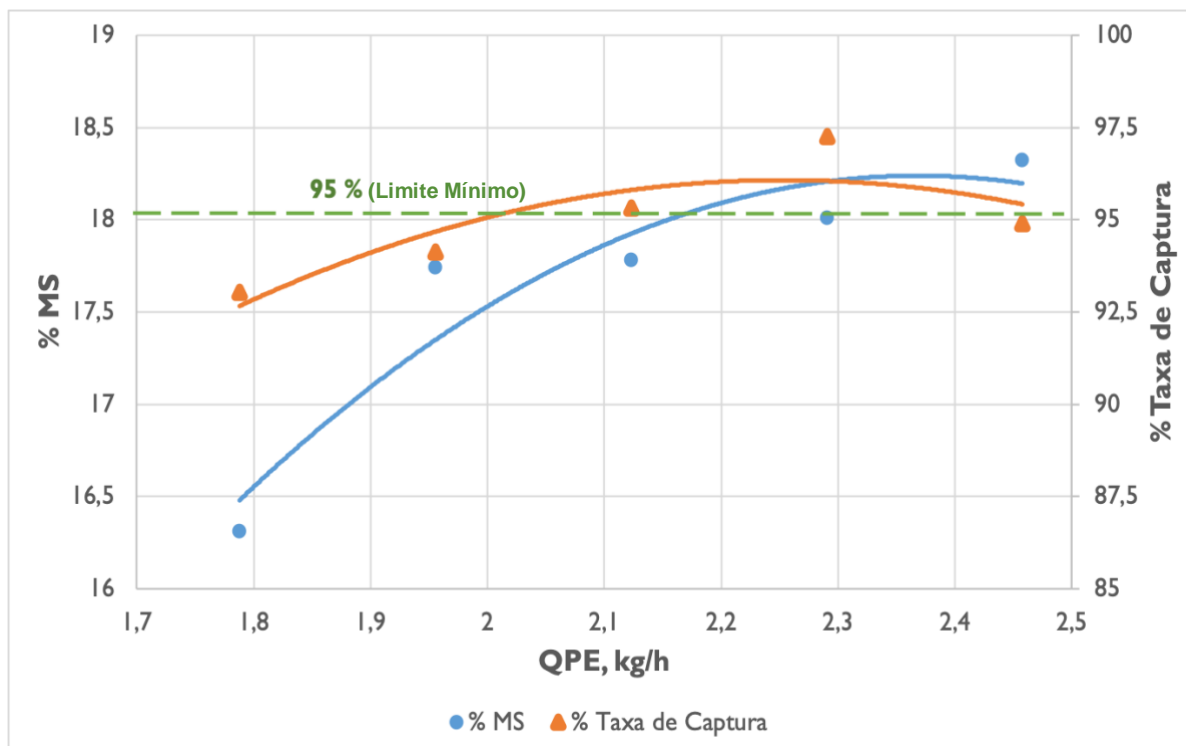


Figura 5.11 - Resposta do DC à variação do consumo de PE durante o Teste 3 com os seguintes parâmetros:  $Q_{Lama}$  12 m<sup>3</sup>/h; Carga Mássica 270 kg/h; Binário 40 %.

Relativamente a este Teste, tendo em conta uma Carga Mássica de 270 kg/h e um Binário de 40 %, incrementou-se o consumo de PE de 1,79 kg/h para 2,46 kg/h, foi conseguida uma melhoria na % MS, de 16,4 % para 18,4 %, ou seja, aumento de 10 %, e ao mesmo tempo promover o clarificado mais limpo, o que se traduz no aumento da % Taxa de Captura de 93 % e atingindo os 97,5 %.

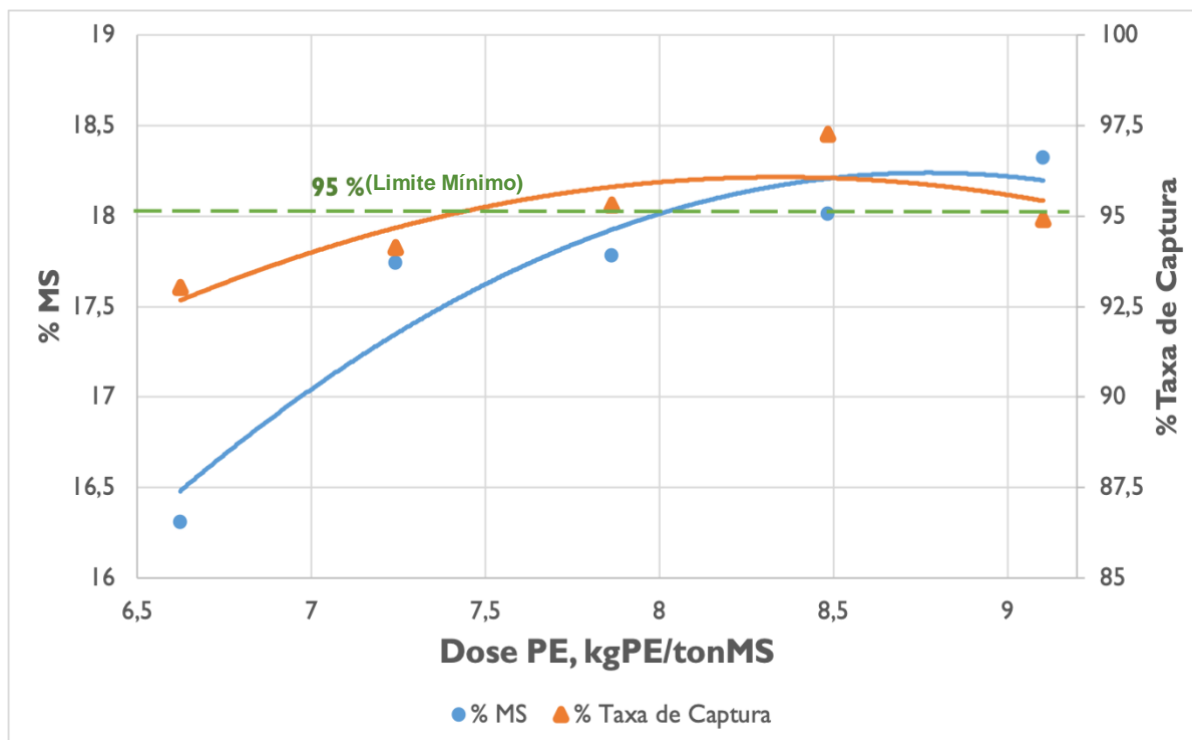


Figura 5.12 - Dose de PE no DC durante o Teste 3 com os seguintes parâmetros:  $Q_{Lama}$  12 m<sup>3</sup>/h; Carga Mássica 270 kg/h; Binário 40 %.

Apesar de esta série ser conduzida sob diferentes condições de consumo de PE, refletindo-se na variação da Dose de PE, de 6,62 a 9,10 kgPE/tonMS. Apesar de se ter aumentado o consumo de PE no DC, o que se traduz num aumento médio de 27 %. De um modo geral, as Doses de PE foram, significativamente inferiores ao o valor de referência do fornecedor, que é de 25 kgPE/tonMS, mas com melhorias a nível do clarificado, onde se verifica menor quantidade de sólidos (maior % Taxa de Captura), como já foi dito previamente.

#### Teste 4

Com o Teste 4 (Figura 5.13), pretendeu-se avaliar a resposta do DC a nível da secura da lama, através da diminuição da dosagem de PE.

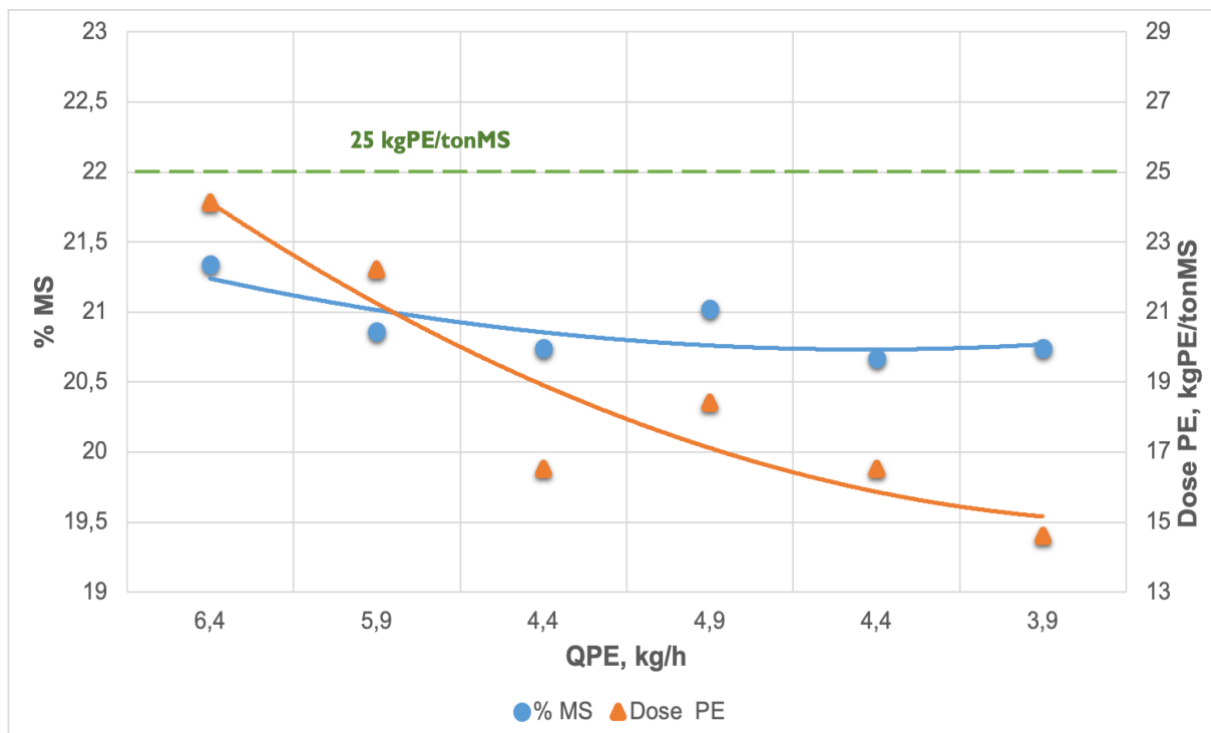


Figura 5.13 - Resposta do DC à variação do consumo de PE durante o Teste 4 com os seguintes parâmetros:  $Q_{Lama}$  11 m<sup>3</sup>/h; Carga Mássica 264 kg/h; Binário 35 %.

No presente Teste, tendo em conta uma Carga Mássica de 264 kg/h e um Binário de 35 %, fez-se variar a Dose de PE de entre 24 kg/ton<sub>MS</sub> e 15 kg/ton<sub>MS</sub>, tendo para isso alterado o  $Q_{PE}$  entre 6,37 m<sup>3</sup>/h e 3,86 m<sup>3</sup>/h. Denota-se que, a desidratação da lama foi ligeiramente sensível às mudanças no ponto de ajuste da Dose de PE, onde com valores mais baixos de dosagem, ocorreu uma pior secagem da lama, o que se verifica pela diminuição da % MS, de 21,40 % atingindo os 20,75 %.

### 5.3. Estudo Económico

Deste modo, para efetuar os cálculos necessários para os consumos e custos associados durante os ensaios industriais, consideraram-se as seguintes condições (Tabela 5.1):



Tabela 5.1 - Custo das despesas durante a ED.

Preço		
	Pó	Emulsão
PE	<sup>1</sup> €/kg	<sup>1</sup> €/kg
Transporte de Lama	28,5 €/ton	

1) Custo com encaminhamento de lama (€/ton<sub>MS</sub>) (Equação 5.1):

$$\text{Custo com encaminhamento de lama, €/ton}_{\text{MS}} = \frac{\text{Preço de transporte de lama } \left( \frac{\text{€}}{\text{ton}} \right)}{\% \text{ Sicidade}} \times 100 \quad (5.1)$$

2) Custo com o PE (€/ton<sub>MS</sub>) (Equação 5.2):

$$\text{Custo com o PE, €/ton}_{\text{MS}} = \text{Preço do PE } \left( \frac{\text{€}}{\text{kg}} \right) \times \text{Dose do PE } \left( \frac{\text{kg}_{\text{PE}}}{\text{ton}_{\text{MS}}} \right) \quad (5.2)$$

3) Custo Total (€/ton<sub>MS</sub>) (Equação 5.3):

$$\text{Custo Total, €/ton}_{\text{MS}} = \text{Custo com encaminhamento de lama } \left( \frac{\text{€}}{\text{ton}_{\text{MS}}} \right) + \text{Custo com o PE } \left( \frac{\text{€}}{\text{ton}_{\text{MS}}} \right) \quad (5.3)$$

4) Ganho na % MS com a alteração para o PE em Emulsão (%) (Equação 5.4):

$$\text{Ganho na \% MS com a alteração para o PE em Emulsão, \%} = \left( \frac{\% \text{ Sicidade}_{\text{Emulsão}}}{\% \text{ Sicidade}_{\text{Pó}}} - 1 \right) \times 100 \quad (5.4)$$

5) Poupança com a alteração para o PE em Emulsão (€/ton<sub>MS</sub>) (Equação 5.5):

$$\text{Poupança com alteração para a Emulsão, €/ton}_{\text{MS}} = \text{Custo Total}_{\text{Pó}} - \text{Custo Total}_{\text{Emulsão}} \left( \frac{\text{€}}{\text{ton}_{\text{MS}}} \right) \quad (5.5)$$

Pela análise à Figura 5.14, denota-se que, com o uso do PE em Emulsão o processo é mais estável e em comparação com PE em Pó, uma vez que com PE em Emulsão a % MS da lama desidratada encontra-se entre os 19 % e 21 %, enquanto com Polímero em Pó, esta varia entre 12 % e 16 %, o que implica custos maiores de, 200 € a 240 € para Polímero em Pó, contra 160 € a 190 € para Polímero em Emulsão.

<sup>1</sup> Os preços dos reagentes PAM Catiónica em Pó e em Emulsão estão omissos por questões de confidencialidade.

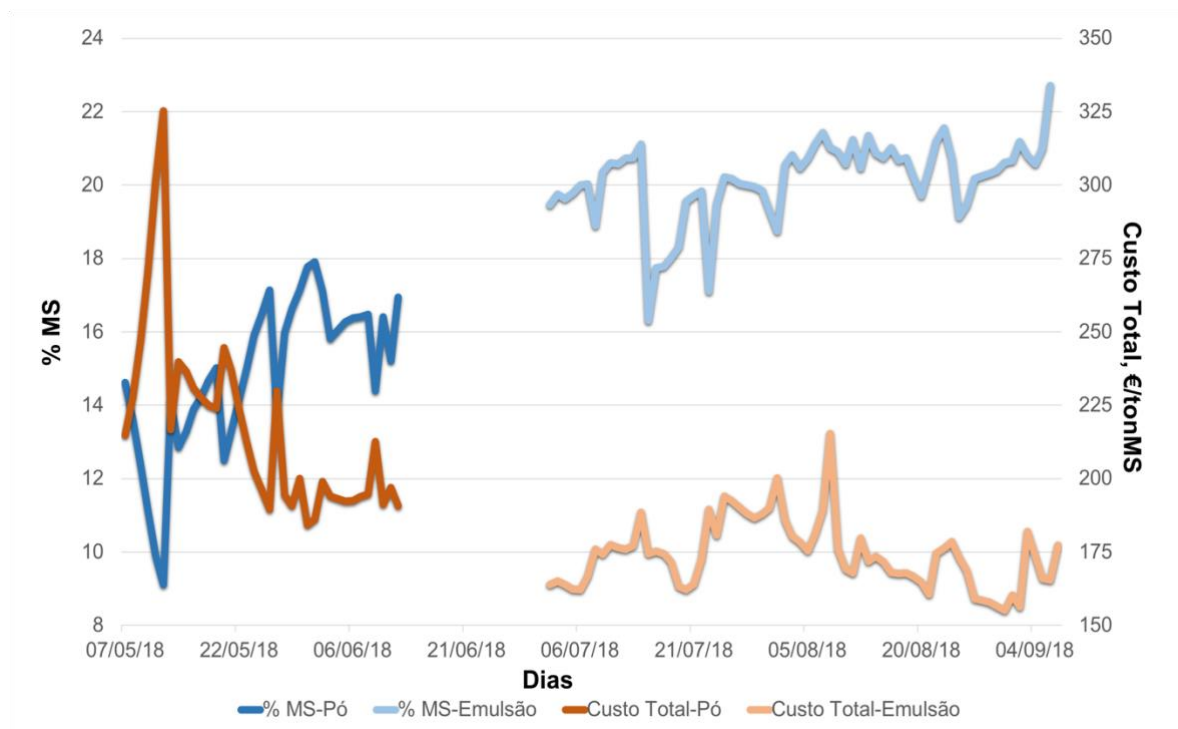


Figura 5.14 - Representação gráfica em relação à % Matéria Seca e Custos Totais em função do uso de Polímero em Pó vs Emulsão.

## 6. Conclusões e Propostas de Trabalho Futuro

Este trabalho teve como objetivo contribuir para um desempenho mais estável e otimizado da operação dos Decantadores Centrífugos da Unidade de Desidratação de Lamas da ETAR de Chelas. De facto, esta otimização possibilitou aprofundar os conhecimentos do órgão de tratamento, no que diz respeito ao doseamento de reagente e das variáveis de operação que lhe estão associadas, permitindo assim a pouca intervenção do operador.

Através de ensaios *Jar Test*, conseguiram-se obter novas gamas de dosagens para o floculante, 10,8 kg/ton<sub>MS</sub> para PE em Pó e 20,7 kg/ton<sub>MS</sub> para PE em Emulsão, as quais foram testadas em ensaios industriais, e permitiram otimizar esta linha do tratamento.

Pela análise deste estudo, conclui-se que nestas condições, a eficiência do processo de desidratação por DC está dependente do tipo de Polímero (flocos menores e mais frágeis para Polímero em Pó e flocos maiores e mais resistentes para Polímero em Emulsão), Caudal de Lama, Caudal de Polímero e variável de operação do equipamento. Desta maneira, intenta-se que a concentração da lama digerida seja o mais estável possível por forma a que o equipamento opere com poucas variações e para que seja doseada a dose correta de PE, por outras palavras, reduzir a variabilidade do processo.

Relativamente à % MS ficou demonstrado que o incremento da dosagem de PE na desidratação, não é sinónimo de uma lama final significativamente mais desidratada. A % MS na lama final está relacionada principalmente, com as características da lama e com as variáveis de operação do equipamento que pode ser observado através do Binário.

Após os testes industriais, a Tabela 6.1 seguinte mostra os valores encontrados que melhor otimizam o desempenho do processo de desidratação, tendo em conta os respetivos PE.

Tabela 6.1 - Tabela referente aos parâmetros admissíveis para PE em Pó e em Emulsão.

<u>Parâmetros</u>	<u>PE em Pó</u>	<u>PE em Emulsão</u>
<b>Sólidos Totais<sub>Lama Digerida</sub>, g/l</b>	24,5	25,2
<b>Sólidos Totais<sub>PE</sub>, g/l</b>	3,6	4,9
<b>Q<sub>lama</sub>, kg/h</b>	282,3	289,3

Tabela 6.1 - Tabela referente aos parâmetros admissíveis para PE em Pó e em Emulsão (conti.).

<u>Parâmetros</u>	<u>PE em Pó</u>	<u>PE em Emulsão</u>
<b>Q<sub>PE</sub>, kg/h</b>	6,7	4,8
<b>Binário, %</b>	15	40
<b>Dose<sub>Polímero</sub>, kg<sub>PE</sub>/ton<sub>MS</sub></b>	10,8	20,7
<b>% Sicidade<sub>Lama Desidratada</sub></b>	16,2	21,5
<b>Taxa de Captura, %</b>	95,7	99,7

Como já foi elucidado neste trabalho, este processo existe, uma vez que as lamas digeridas apresentam uma grande quantidade de água, o que torna necessário recorrer ao processo de desidratação, que permite reduzir o conteúdo em humidade das lamas, possibilitando a diminuição significativa do seu volume, de modo a facilitar o seu transporte ao destino final e diminuir os custos associados. Como é perceptível pela análise da Tabela 6.1, a desidratação com uso de PE em Pó, obtém-se % MS relativamente baixa o que implica maior custo associado ao transporte de lama.

Em suma, após os testes industriais, a Tabela 6.2 indica os valores encontrados que melhor otimizam o desempenho do processo de desidratação juntamente com o respetivo potencial de poupança, tendo em conta os respetivos PE. Tecendo uma análise comparativa aos valores obtidos, conclui-se que:

- 1) A dosagem de PE aplicada, 10,8 kg/ton<sub>MS</sub> para Pó e 20,7 kg/ton<sub>MS</sub> para Emulsão, foi sempre dentro dos valores previstos pelo fornecedor (9 kg/ton<sub>MS</sub> para Pó e 25 kg/ton<sub>MS</sub> para Emulsão), e o uso excessivo de PE por si só não influencia a % MS final;
- 2) Houve um ganho de 33 % na % MS na alteração para PE em Emulsão % MS, o que permitiu atingir uma MS final de lama desidratada em 21,5;
- 3) Verificou-se que a utilização do PE em Emulsão produz flocos mais resistentes, permitindo funcionar com Binários mais elevados, o que irá implicar numa maior Sicidade da lama desidratada e Taxas de Captura mais altas. Por outro lado, é menos suscetível a alterações na qualidade da lama digerida, tornando o processo de desidratação mais estável;

- 4) Ao comparar o custo total do PE em Emulsão ao em Pó, surge uma poupança com alteração para o PE em Emulsão em 37 €/ton<sub>MS</sub>), o que significa uma economia 5920 €/mensal e 71040 €/anual.

Tabela 6.2 - Resumo dos parâmetros e custos totais/tonMS para Polímero em Pó e Emulsão.

Poupança no encaminhamento das Lamas de acordo a Sicidade				
	Floculante			
	PE em Pó	PE em Pó	PE em Emulsão	PE em Emulsão
	Ensaio	Inlablins	Ensaio	Inlablins
Sólidos Totais Lama Digerida, [g/l]	23,4	24,5	24,9	25,2
Sólidos Totais Polímero, [g/l]	2,9	3,6	4,1	4,9
Caudal Lama, [kg/h]	279,6	282,3	286,5	289,3
Caudal Polímero, [kg/h]	5,6	6,7	5,3	4,8
Dose do Polímero, [kg/tonMS]	9,9	10,8	19,7	20,7
Binário, [%]	15		40	
Sicidade Lama Desidratada, [%]	17,0	16,2	20,7	21,5
Custo Total (Custo do Polímero + Custo de Transporte da Lama), [€/tonMS]	207	216	174	179
Ganho na % MS com a alteração para o PE em Emulsão - Ensaio, [%]	22			
Ganho na % MS com a alteração para o PE em Emulsão - Inlablins, [%]	33			
Poupança com a alteração para o PE em Emulsão - Ensaio, [€/tonMS]	33			
Poupança com a alteração para o PE em Emulsão - Inlablins, [€/tonMS]	37			
Poupança mensal, [€]	5920	Poupança Anual, [€]	71040	

## 6.2. Sugestões para desenvolvimentos futuros

Como foi mencionado nesta dissertação, a ETAR de Chelas dispunha de uma grande despesa a nível da ED, pois a lama resultante da desidratação dispunha de um elevado teor de humidade e assim, implicava um custo maior em transporte final. A otimização efetuada permitiu propor estratégias para que essa despesa possa ser menor. Durante o estágio

surgiram diversas limitações processuais ao nível da concentração de PE (abaixo do pretendido) na cuba de diluição, uma vez que derivado da inexistência de caudalímetro de água, verificava-se alterações na concentração do respetivo PE e assim, iria influenciar posteriormente o rendimento do DC.

Verificou-se que existem modificações nas características da lama (valor baixo de % MS, isto é, lama pouco concentrada) que alteram as dosagens normais de PE, e posteriormente influenciam a % MS final na lama desidratada. Estas alterações que estão relacionadas com a eficiência do tratamento da linha de espessamento, pelo que se recomenda a otimização da Mesa de Espessamento.

## Referências Bibliográficas

1. **Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia**, *Diretiva 98/15/CE - Diretiva das Águas Residuais Urbanas*, Comissão Europeia, Jornal Oficial das Comunidades Europeias L327, Luxemburgo, 27 de Fevereiro de 1998.
2. **Borges, D. (2014)**. *Contribuição para a solução de tratamento de águas residuais domésticas da Vila de São Sebastião*. Tese de Mestrado em Engenharia e Gestão de Sistemas de Água. Universidade dos Açores. 5-34 pp.
3. **Simtejo. (2011)**. *Plano de Operação - Plano de Operação e Manutenção do Centro Operacional de Chelas*. Simtejo, Exploração e Operação. Lisboa.
4. **Tchobanoglous, G., Howe, K., Trussel, R., Hand, D., & Crittenden, J. (2012)**. *Water Treatment Principles and Design*. 3ª Edição. John Wiley and Sons LTD. United States of America.
5. **Metcalf & Eddy. (2003)**. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 5ª Edição. McGraw-Hill QDR. United States of America.
6. **European Commission (2001)**. *Disposal and Recycling Routes for Sewage Sludge (Part 3 – Scientific and Technical Report)*. Acedido em 5 de Abril de 2018, em: [http://ec.europa.eu/environment/archives/waste/sludge/pdf/sludge\\_disposal3.pdf](http://ec.europa.eu/environment/archives/waste/sludge/pdf/sludge_disposal3.pdf)
7. **Turovskiy, I.S., & Mathai, P.K. (2006)**. *Wastewater Sludge Processing*. 1ª Edição. John Wiley & Sons, Inc., Publication. New Jersey.
8. **Guimarães, N. (2005)**. *Recuperação de Coagulante a partir da Acidificação de Resíduos Gerados na Estação de Tratamento de Água do Rio Manso*. Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais. 6-30 pp.
9. **GEA-Westfalia (2015)**. *Decanters from GEA Westfalia Separator*. Acedido em 19 de Junho de 2018, em: <https://www.gea.com/en/productgroups/centrifuges-separation/equipment/decanter-centrifuge/clarifying-decanter/index.jsp>
10. **Andritz (2012)**. *Solid-Bowl Decanter Centrifuge*. Acedido em 21 de Junho de 2018, em: <http://www.etec-sales.com/pdf/Andritz%20Centrifuge%20Decanters.pdf>
11. **Alfa Laval (2016)**. *Decanter centrifuge technology - Separating solids from liquids*. Acedido em 21 de Junho de 2018, em: <https://www.alfalaval.com/globalassets/documents/industries/pulp-and-paper/pcd00002en.pdf>

12. **SNF Floerger (2011).** *Sludge Dewatering*. Acedido em 12 de Maio de 2018, em: <https://www.snf.us/wp-content/uploads/2014/08/Sludge-Dewatering-E.pdf>
13. **Water Freedom Revolution (2009).** *Types of impurities in water*. Acedido em 18 de Abril de 2018, em: <http://waterfreedomrevolution.com/resources-articles/151-types-of-impurities-in-water>
14. **Liss, S., Droppo, I., Leppard, G., & Milligan, T. (2004).** *Flocculation in Natural and Engineered Environmental Systems*. 1ª Edição. CRC Press. United States of America.
15. **Gregory, J. (2006).** *Particles in Water*. 5ª Edição. IWA Publishing. New York.
16. **Napper, D. (1986).** Polymeric stabilization of colloidal dispersions. *British Polymer Journal*, **18**: 278.
17. **Cesarano, J., & Aksay, A. (1988).** Stability of Aqueous  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  Suspensions with Poly (methacrylic acid) Polyelectrolyte. *Journal of the American Ceramic Society*, **71**: 250-255.
18. **Bhattacharjee, S., Singh, P., & Besra, L. (2002).** Effect of Additives on Electrokinetic Properties of Colloidal Alumina Suspension. *Journal of Colloid and Interface Science*, **254**: 95-100.
19. **Tari, G., Ferreira, J., & Lyckfeldt, O. (1998).** Influence of the Stabilising Mechanism and Solid Loading on Slip Casting of Alumina. *Journal of the European Ceramic Society*, **18**: 479-486.
20. **Bratby, J. (2006).** *Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment*. 2ª Edição. IWA Publishing. London.
21. **Gregory, R., & Bache, D. (2007).** *Flocs in Water Treatment*. 2ª Edição. IWA Publishing. London.
22. **Zeta-Meter Inc (1993).** *Everything you want to know about Coagulation & Flocculation*. Zeta-Meter Inc. Virginia.
23. **Brostow, W., Lobland, H. E., Pal, S., & Singh, P. (2009).** Polymeric Flocculants for Wastewater and Industrial Effluent Treatment. *Journal of Materials Education*, **31**: 157-166.
24. **La Montagne, P. (2006).** *Choosing Polymers for Centrifuges*. New Britain
25. **SNF-Ambientagua (2018).** *Ficha de Dados de Segurança Ambifloc® AP 1000 P \**. Santo Tirso : s.n..



26. **SNF-Ambientagua (2018).** *Ficha de Dados de Segurança Ambifloc® AP 300 EM.* Santo Tirso : s.n..
27. **Dosapro - Milton Roy (1998).** *Polypack AP 10940 Flocculation Unit* s.n..
28. **Water Environment Federation (2008).** *Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants.* 6ªEdição. The McGraw-Hill Publishing. United States of America.
29. **Flottweg Technology - Separation (2015).** *Innovative Solid Bowl Centrifuge Technology.* Acedido em 5 de Maio de 2018, em [https://www.flottweg.com/fileadmin/user\\_upload/data/pdf-downloads/Zentrifugen-Technik-EN.pdf](https://www.flottweg.com/fileadmin/user_upload/data/pdf-downloads/Zentrifugen-Technik-EN.pdf)
30. **Edzwald, J. (2011).** *Water Quality and Treatment: A Handbook of Community Water Supplies.* 6ªEdição. American Water Works Association, American Society of Civil Engineers, McGraw-Hill. United States of America.
31. **Holdich, R. (2002).** *Fundamentals of Particle Technology: Centrifugal Separation.* 1ª Edição. Midland Information Technology and Publishing. United Kingdom.



## **Anexos**

### **Anexo A - Procedimento e Protocolo *Jar Test***

## **Anexo A.1 - Preparação de Solução de PE em Pó e Emulsão**

Para a realização do *Jar* Test, preparou-se inicialmente as soluções de PE em Pó e Emulsão. Para tal, dispôs-se do seguinte:

Equipamento:

- 1) Proveta de 250 ml;
- 2) Gobelé de 500 ml;
- 3) Prato de alumínio para pesagem;
- 4) Barra magnética revestida a *Teflon*;
- 5) Balança analítica;
- 6) Prato de agitação.

Concentração:

A concentração usada é de 0,3 % (3 g/l) para Pó e 0,6 % (6 g/l) para Emulsão.

Procedimento:

- 1) Medir 200 ml de água numa proveta de 250 ml;
- 2) Pesar 0,600 g de PE em Pó ou 1,2 g de PE em Emulsão num prato de alumínio
- 3) Colocar o gobelé contendo a barra magnética revestida a *Teflon* num prato de agitação, e posteriormente adicionar a água;
- 4) Ligar o prato de agitação de modo a produzir um vórtice de aproximadamente 2/3 do nível da água (ou cerca de 400-500 rpm);
- 5) Despejar, cuidadosamente, o polímero em pó ao lado do vórtice.
- 6) Deixar agitar por 1:15-1:30 h;
- 7) Inspeccionar a solução para determinar se está homogénea, se não contém coágulos não dissolvidos. Se detetada a presença desses últimos, continuar a misturar em alta velocidade por mais 1 hora e inspeccionar novamente.

## **Anexo A.2 – Método do Copo (*Beaker Method*)**

### Características a analisar:

- pH;
- Viscosidade;
- Número de Passagens (Incorporação);
- Floculação;
- Clarificado;
- Refloculação;
- ST;
- SV.

### Amostras:

- Lama Digerida;
- PE em uso (Pó ou Emulsão);

### Equipamento:

- Gobelés ou copos de plástico;
- Seringas de plástico;
- Medidor de pH;
- Medidor de Viscosidade;
- Proveta;

### Procedimento:

Iniciar com dois gobelés/copos plástico, de cerca de 300 ml ou mais, e medir 200 ml de lama digerida num deles. Enche-se uma seringa de plástico com 10 ml de solução de PE, conforme apropriado, e injeta-se o mesmo. Seguidamente transfere-se a lama de um copo para o outro. Repete-se esta acção 5 a 8 vezes. Adiciona-se mais 1 ml de PE e volta-se a transferir de um copo para o outro, até se conseguir ver floco a formar-se.

## **Anexo B - Fichas de Especificação dos Reagentes da Etapa de Desidratação**



**Anexo B.1 - Ficha de Especificação da PAM Catiónica em Pó Ambifloc®  
AP 1000 P \***

	<b>FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA</b> AMBIFLOC® AP 1000 P	Revisão: 23 / 01 / 2018 Pág. 1 de 7
---	---	--

(De acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 conforme alterado pelo Regulamento (UE) n.º 2015/830)

#### SECÇÃO 1: IDENTIFICAÇÃO DA SUBSTÂNCIA / MISTURA E DA SOCIEDADE / EMPRESA

##### 1.1 Identificador do produto

Nome comercial: AMBIFLOC® AP 1000 P

Tipo de produto: Mistura

##### 1.2 Utilizações identificadas relevantes da substância ou mistura e utilizações desaconselhadas

Utilizações identificadas relevantes: Agente auxiliar de processos para aplicações industriais

Utilizações desaconselhadas: Não são conhecidas utilizações desaconselhadas para fins industriais, profissionais ou para consumo em geral.

##### 1.3 Identificação do fornecedor da ficha de dados de segurança

SNF/AMBIENTAGUA, Lda

Rua do Convento, 144 – Zona Industrial de Fontiscos

4780-427 Santo Tirso

Tel.: 252 852713

Fax: 252 853085

geral@snfambientagua.pt

Responsável pela FDS: E-mail: geral@snfambientagua.pt Telefone: 252852713

##### 1.4 Número de telefone de emergência

Telefone de emergência do Centro de Informação Antivenenos (CIAV): 808 250 143

Telefone de emergência da empresa: 252 852713 (das 9h00 às 18h00)

#### SECÇÃO 2: IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS

##### 2.1 Classificação da substância ou mistura

De acordo com o Regulamento (CE) n.º 1272/2008 e suas alterações:

Não é classificado.

##### 2.2 Elementos do rótulo

Rotulagem de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1272/2008 e suas alterações:

Não são aplicáveis elementos do rótulo segundo este regulamento.

##### 2.3 Outros perigos

Avaliação PBT e mPmB: Não preenche os critérios de acordo com o Anexo XIII do REACH.

#### SECÇÃO 3: COMPOSIÇÃO / INFORMAÇÃO SOBRE OS COMPONENTES

##### 3.1 Substâncias

Este produto não é uma substância.

##### 3.2 Misturas

Este produto é uma mistura.

Nome da substância	Composição (%)	N.º CAS	N.º CE	N.º Registo REACH	Classificação estabelecida pelo Regulamento (CE) n.º 1272/2008
Ácido sulfamidico	2,5 - 10	5329-14-6	226-218-8	09-2119488633-28-XXXX	Irritação ocular 2; H319 Irritação cutânea 2; H315 Perigosa para o ambiente aquático, toxicidade crónica 3; H412

#### SECÇÃO 4: MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

##### 4.1 Descrição das medidas de primeiros socorros

Inalação: Remover a vítima para local arejado. No caso de se verificarem sintomas, consultar um médico.

Contacto com a pele: Lavar imediatamente com muita água e sabão. Retirar todo o vestuário contaminado e os sapatos. No caso de irritação persistente na pele, consultar um médico.

**Contacto com os olhos:** Lavar abundantemente com muita água corrente, também debaixo das pálpebras, durante 15 minutos, no mínimo. Consultar um médico de imediato.

**Ingestão:** Lavar a boca com água. Se a vítima estiver consciente dar-lhe de beber bastante água. Induzir o vômito, mas só no caso de a vítima estar plenamente consciente.

#### **4.2 Sintomas e efeitos mais importantes, tanto agudos como retardados**

O pó pode causar irritação da pele localizada, nas dobras, e sobre roupas apertadas. O contacto com o pó pode causar irritação à fricção ou secura da pele.

#### **4.3 Indicações sobre cuidados médicos urgentes e tratamentos especiais necessários**

Nenhumas.

### **SECÇÃO 5: MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO**

#### **5.1 Meios de extinção**

Meios adequados de extinção: Água, água em spray, espuma, dióxido de carbono, pó seco.

Meios inadequados de extinção: nenhuns.

#### **5.2 Perigos especiais decorrentes da substância ou mistura**

Produtos de decomposição perigosos: Óxidos de carbono (COx), óxidos de azoto (NOx), cloreto de hidrogénio e cianeto de hidrogénio podem ser produzidos na combustão, em atmosfera deficiente em oxigénio.

#### **5.3 Recomendações para o pessoal de combate a incêndios**

Medidas protetoras: Não são necessárias precauções especiais.

Outras informações: Derrames do produto ou da solução do produto, produzem superfícies extremamente escorregadias.

### **SECÇÃO 6: MEDIDAS A TOMAR EM CASO DE FUGAS ACIDENTAIS**

#### **6.1 Precauções individuais, equipamento de proteção e procedimentos de emergência**

Precauções individuais: Os derrames produzem superfícies extremamente escorregadias. Não tocar nem caminhar sobre material derramado.

Equipamento de proteção: Usar vestuário de proteção adequado, luvas, óculos e vestuário de proteção.

#### **6.2 Precauções a nível ambiental**

Como para todos os produtos químicos, não despejar em cursos de água.

#### **6.3 Métodos e materiais de confinamento e limpeza**

Derrames pequenos: Não lavar com água. Remover com material inerte absorvente, ou a vácuo.

Derrames grandes: Restringir o acesso de pessoas. Não lavar com água. Remover com pá ou aspirar. Colocar em embalagens adequadas para eliminação.

Resíduos: Varrer para evitar o perigo de escorregar.

#### **6.4 Remissão para outras secções**

Secção 7: Manuseamento e armazenagem

Secção 8: Controlo de Exposição / Proteção Pessoal

Secção 13: Considerações relativas à eliminação

### **SECÇÃO 7: MANUSEAMENTO E ARMAZENAGEM**

#### **7.1 Precauções para um manuseamento seguro**

**Medidas de proteção:** Evitar contacto com a pele e os olhos. Evitar a formação de poeira. Evitar respirar o pó. Solução aquosa, ou pó que seja humedecido, tornam as superfícies extremamente escorregadias.

**Recomendações de higiene ocupacional:** Lavar as mãos antes das paragens e no fim do dia de trabalho. Quando manipulado, não se deve comer, beber ou fumar.

#### **7.2 Condições de armazenagem segura, incluindo eventuais incompatibilidades**

**Medidas técnicas e condições de armazenamento:** Manter o produto num local fresco e seco (0 – 35 °C). Manter afastado do calor e das fontes de ignição. Temperaturas negativas afetam as condições físicas e pode danificar o material.

**Materiais de embalagem:** nenhuns em particular.

**Materiais a evitar:** nenhuns.



## FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA

### AMBIFLOC® AP 1000 P

Revisão: 23 / 01 / 2018

Pág. 3 de 7

#### 7.3 Utilização(ões) final(is) específica(s)

**Recomendações:** Derrames tornam as superfícies extremamente escorregadias.

**Soluções específicas para setores industriais:** Nenhuma.

### SECÇÃO 8: CONTROLO DA EXPOSIÇÃO / PROTEÇÃO INDIVIDUAL

#### 8.1 Parâmetros de controlo

**Informação sobre o produto tal e qual:**

Limites de exposição ocupacionais: nenhuns.

**Informação relevante sobre os componentes perigosos:**

Ácido sulfamídico:

Nível derivado de exposição sem efeitos / Nível de efeito mínimo derivado (DNELs / DMELs)

Trabalhadores

Efeitos sistémicos agudos:

Inalação: 10 mg/kg bw/dia

Consumidores:

Efeitos sistémicos agudos:

Contacto com a pele: 5 mg/kg/dia

Efeitos sistémicos a longo prazo:

Ingestão: 5 mg/kg/dia

Concentração previsivelmente sem efeitos (PNECs):

Água doce: 0,048 mg/L

Água do mar: 0,048 mg/L

Utilização/libertação intermitente: 0,48 mg/L

Instalação de tratamento de águas residuais: 2 mg/L

Sedimento (água doce): 0,173 mg/kg

Sedimento (água do mar): 0,0173 mg/kg sedimento dw

Solo: 0,00638 mg/kg solo dw

#### 8.2 Controlo da exposição

##### 8.2.1 Controlos técnicos adequados:

Assegurar-se de uma adequada ventilação, especialmente em áreas pequenas. Usar locais com exaustão no caso de poeiras. Uma ventilação natural é adequada se não existirem poeiras.

##### 8.2.2 Equipamentos de Proteção Individual:

Proteção dos olhos e face: Óculos de segurança com proteção lateral. Não usar lentes de contacto, aonde estiverem a usar o produto.

Proteção da pele: usar fato-macaco resistente a produtos químicos, bem como sapatos de borracha, quando existe contacto frequente com a solução do produto.

Proteção das mãos: Luvas em PVC ou outro material plástico.

Proteção respiratória: Máscaras de segurança para pó, são recomendadas nos locais em que a concentração do pó seja superior a 10 mg/m<sup>3</sup>.

Proteção contra os perigos térmicos: Nenhuma adicional.

Conselhos adicionais: Lavar as mãos e o rosto antes de qualquer paragem e imediatamente a seguir ao uso do produto. Lavar as mãos no final do dia de trabalho. Agir de acordo com as boas práticas de higiene e segurança industriais.

##### 8.2.3 Controlo da exposição ambiental

Não permitir descargas descontroladas do produto no meio ambiente.

### SECÇÃO 9: PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

#### 9.1 Informação sobre propriedades físicas e químicas de base

Aspeto	Pó granulado
Cor:	Branca
Odor:	Nenhum
Limiar olfativo:	Não aplicável
pH:	2,5 a 4,5 @ 5g/L
Ponto de fusão/ponto de congelação:	Não aplicável
Ponto de ebulição inicial e intervalo de ebulição:	> 100 °C
Ponto de inflamação (°C):	Não aplicável
Taxa de evaporação:	Não aplicável

DQ 016/02

Inflamabilidade (sólido gás):	Não combustível
Limite superior/inferior de inflamabilidade ou de explosividade:	Não cria atmosferas explosivas
Pressão de vapor:	Não aplicável
Densidade de vapor:	Não aplicável
Densidade relativa:	0,6 – 0,9
Solubilidade(s):	Solúvel em água
Coefficiente de partição n-octanol/água:	< 0
Temperatura de autoignição (°C):	Não aplicável
Temperatura de decomposição:	> 200 °C
Viscosidade:	Consultar a ficha técnica
Propriedades explosivas:	Não é explosivo
Propriedades comburentes:	Nenhuma

## 9.2 Outras informações

Não existem informações adicionais.

## SECÇÃO 10: ESTABILIDADE E REATIVIDADE

### 10.1 Reatividade

O produto é estável nas condições de manipulação e armazenamento recomendadas.

### 10.2 Estabilidade química

O produto é estável nas condições de manipulação e armazenamento recomendadas.

### 10.3 Possibilidade de reações perigosas

Agentes oxidantes podem causar reações exotérmicas.

### 10.4 Condições a evitar

Incompatível com agentes oxidantes.

### 10.5 Materiais incompatíveis

Agentes oxidantes.

### 10.6 Produtos da decomposição perigosos

Óxidos de carbono (COx). Óxidos de azoto (NOx). Gás de cloreto de hidrogénio.

## SECÇÃO 11: INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA

### 11.1 Informações sobre os efeitos toxicológicos

#### Informação sobre o produto tal e qual:

#### a) Toxicidade aguda

via oral:

DL<sub>50</sub>/oral/rato > 5000 mg/kg

via cutânea:

DL<sub>50</sub>/cutânea/rato > 5000 mg/kg

via inalatória:

Não é esperado que o produto seja tóxico por inalação

#### b) Corrosão /irritação cutânea:

Não é irritante para a pele

#### c) Lesões oculares graves/irritação ocular:

Testes conduzidos de acordo com a técnica Draize, mostraram que o produto não tem efeitos na córnea ou na íris, causando apenas conjuntivites ligeiras e transitórias, Idênticas aquelas conjuntivites provocadas por partículas granulares  
Testes em porcos da guiné mostraram que o produto não é sensibilizante

#### d) Sensibilização respiratória ou cutânea:

Não é mutagénica

#### e) Mutagenicidade em células germinativas:

Não é carcinogénico

#### f) Carcinogenicidade:

Não é tóxico para a reprodução

#### g) Toxicidade reprodutiva:

Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT) – exposição única:

Sem efeitos conhecidos.

#### i) Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT) – exposição repetida:

Sem efeitos conhecidos

#### j) Perigo de aspiração:

Sem efeitos conhecidos

**Informação relevante sobre os componentes perigosos:**
**Ácido sulfamidico**
**a) Toxicidade aguda:**

via oral:

DL<sub>50</sub>/oral/rato > 2000 mg/kg

via cutânea:

NOAEL/cutânea/rato = 2000 mg/kg (OECD 402)

via inalatória:

Não é esperado que o produto seja tóxico por inalação

**b) Corrosão /irritação cutânea:**

Severamente irritante para a pele

**c) Lesões oculares graves/irritação ocular:**

Irritação moderada dos olhos. (EPA OPPTS 870.2400)

**d) Sensibilização respiratória ou cutânea:**

Sem efeitos conhecidos

**e) Mutagenicidade em células germinativas:**

Não é mutagênica

**f) Carcinogenicidade:**

Não é carcinogénico

**g) Toxicidade reprodutiva:**

Informação indisponível

**h) Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT) – exposição única:**

Sem efeitos conhecidos.

**i) Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT) – exposição repetida:**

Sem efeitos conhecidos

**j) Perigo de aspiração:**

Sem efeitos conhecidos

**SECÇÃO 12: INFORMAÇÃO ECOLÓGICA**
**12.1 Toxicidade**
**Informação do produto tal e qual é fornecido:**

Toxicidade aguda para os peixes:

CL<sub>50</sub>/Danio rerio/96 horas = 5-10 mg/L (OECD 203)

Toxicidade aguda para invertebrados:

CE<sub>50</sub>/Daphnia magna/48 horas = 20-50 mg/L (OECD 202)

Toxicidade aguda para algas:

Testes de inibição em algas não são apropriados.  
As características de floculação do produto interferem diretamente no meio do teste afetando a distribuição homogênea, invalidando os resultados do teste.

Toxicidade crónica para os peixes:

Informação indisponível

Toxicidade crónica para os invertebrados:

Informação indisponível

Toxicidade para os microorganismos:

Informação indisponível

Efeitos nos organismos terrestres:

Informação indisponível. Facilmente biodegradáveis, a exposição ao solo é improvável.

Toxicidade de sedimentos:

Informação indisponível. Facilmente biodegradáveis, a exposição a sedimentos é improvável.

**Informação relevante sobre os componentes perigosos:**
**Ácido Sulfamidico:**

Toxicidade crónica para os peixes:

CL<sub>50</sub>/Pimephales promelas/96 horas = 70,3 mg/L (OECD 203)

Toxicidade crónica para os invertebrados:

CE<sub>50</sub>/Daphnia magna/48 horas = 71,6 mg/L (OECD 202)

Toxicidade para as algas:

CL<sub>50</sub>/Scenedesmus subspicatus/72 horas = 48 mg/L

Toxicidade para os microrganismos:

CE<sub>50</sub>/Lama ativada/ 3h > 200 mg/L

Toxicidade crónica para os peixes:

Informação indisponível

Toxicidade crónica para os invertebrados:

Informação indisponível

Efeitos nos organismos terrestres:

Informação indisponível.

Toxicidade de sedimentos:

Informação indisponível.

**12.2 Persistência e degradabilidade**
**Informação do produto tal e qual é fornecido:**

Biodegradação:

Rapidamente biodegradável

Hidrólise:

A pH's naturais (&gt;6) o polímero degrada-se devido a mais de 70 % de hidrólise, em 28 dias. A hidrólise do produto não é nociva para os organismos aquáticos.

Fotólise:

Informação indisponível.

**Informação importante sobre os componentes perigosos:**
**Ácido Sulfamidico:**

Biodegradação:

Não relevante (inorgânico)

Hidrólise:

Não hidrolisa

Fotólise:

Informação indisponível



	<b>FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA</b> <b>AMBIFLOC® AP 1000 P</b>	Revisão: 23 / 01 / 2018 Pág. 6 de 7
---	--	--

### 12.3 Potencial de bioacumulação

#### Informação do produto tal e qual é fornecido:

Coeficiente de partição (Low Pow):

< 0

Fator de bioconcentração:

Informação indisponível

#### Informação importante sobre os componentes perigosos:

##### Ácido Sulfamidico:

Coeficiente de partição (Low Pow):

Informação indisponível

Fator de bioconcentração:

Informação indisponível

### 12.4 Mobilidade no solo

Informação indisponível

### 12.5 Resultados da Avaliação PBT e mPmB

Não preenche os critérios segundo o Anexo XIII do REACH.

### 12.6 Outros efeitos adversos

Nenhuns.

## SECÇÃO 13: CONSIDERAÇÕES RELATIVAS À ELIMINAÇÃO

### 13.1 Métodos de tratamento de resíduos

Resíduos/ Produto inutilizado: Pode ser colocado em aterro ou incinerado, desde que esteja de acordo com a legislação local.

Embalagens contaminadas: Podem ser colocadas em aterro ou incineradas, desde que esteja de acordo com a legislação local.

Reciclagem: O produto e a embalagem não são adequados para reciclagem.

## SECÇÃO 14: INFORMAÇÕES RELATIVAS AO TRANSPORTE

### 14.1 Número ONU

ADR/RID/ADN /IMDG/OACI:

Não é classificado como perigoso, segundo os regulamentos de transporte.

### 14.2 Designação oficial de transporte da ONU

ADR/RID/ADN /IMDG/OACI:

Não aplicável.

### 14.3 Classes de perigo para efeitos de transporte

ADR/RID/ADN /IMDG/OACI:

Não aplicável.

### 14.4 Grupo de embalagem

ADR/RID/ADN /IMDG/OACI:

Não aplicável.

### 14.5 Perigos para o ambiente

ADR/RID/ADN /IMDG/OACI:

Não é classificado como perigoso do ponto de vista do ambiente.

### 14.6 Precauções especiais para o utilizador:

14.6.1 Etiquetas (ADR/RID/ADN/IMDG/OACI): Não aplicável.

14.6.2 Identificação de perigo (ADR/RID/ADN): Não aplicável.

14.6.3 Código restrição túneis (ADR/RID/ADN): Não aplicável.

14.6.4 Quantidade limitada: Não aplicável.

14.6.5 Segregação (IMDG): Não aplicável.

14.6.6 Segregação (ADR/RID/IMDG/OACI/ADN): Não aplicável.

### 14.7 Transporte a granel em conformidade com o anexo II da Convenção MARPOL e o Código IBC:

Não aplicável.

**SECÇÃO 15: INFORMAÇÃO SOBRE REGULAMENTAÇÃO****15.1 Regulamentação/legislação específica para a substância ou mistura em matéria de saúde, segurança e ambiente**

Os componentes perigosos foram sujeitos a registo na Agência Europeia de Produtos Químicos.

Regulamento (CE) n.º 1907/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de dezembro de 2006, relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição dos produtos químicos (REACH), e suas alterações, em particular, regulamento (UE) 2015/830 da Comissão de 28 de Maio de 2015.

Regulamento (CE) n.º 1272/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, 16 de dezembro de 2008, sobre classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas, e suas alterações.

Diretiva 98/24/CE do Conselho de 7 de Abril de 1998 relativa à proteção da saúde e da segurança dos trabalhadores contra os riscos relacionados com os agentes químicos durante o trabalho, e suas alterações.

Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro de 2008, sobre resíduos.

**15.2 Avaliação de segurança química**

Devido ao limite de tempo para o registo, o cenário de exposição não está ainda disponível para todos os componentes do produto. Consequentemente a Avaliação de Segurança Química ainda não foi realizada. Ver secções 7 e 8 desta ficha de dados de segurança para obter a informação essencial sobre medidas de segurança e controlo de exposições.

**SECÇÃO 16: OUTRAS INFORMAÇÕES****Referências bibliográficas e fontes de dados:**

Para além das fichas de dados de segurança dos fabricantes dos componentes desta mistura consultaram-se as seguintes fontes de informação:

- [http://echa.europa.eu/pt/\(informações de registo\)](http://echa.europa.eu/pt/(informações de registo))

Esta ficha de dados de segurança foi preparada de acordo com o seguinte:

Regulamento da Comissão (UE) n.º 2015/830.

**Lista das advertências de perigo e/ou recomendações de prudência relevantes:**

H319 - Provoca irritação ocular grave

H315 – Provoca irritação cutânea

H412 – Nocivo para os organismos aquáticos, com efeitos nocivos duradouros

**Histórico das revisões:**

Última Revisão:

Revisão integral da ficha (verificação da necessidade de atualizações relativamente à ficha do fornecedor e à classificação do produto).

Revisões anteriores:

Para dar cumprimento à legislação em vigor, Regulamento (UE) n.º 2015/830, procedeu-se à atualização das subsecções 2.1 e 3.1 para estar de acordo com o Anexo deste regulamento. Revisão da secção 14 - classificação relativa ao transporte.

Esta revisão contemplou as últimas informações recebidas dos fabricantes dos componentes perigosos e correções relacionadas com a estrutura da FDS, determinada pelo Regulamento (UE) n.º 453/2010, de 20 de maio.

A informação disponível nesta ficha de segurança está baseada no nosso estado de conhecimento atual sobre o produto e é dada de boa fé. A informação prestada destina-se apenas a dar conselhos que proporcionem uma utilização, manuseamento, processamento, armazenamento, transporte e eliminação seguros, e não deve ser considerada uma garantia de especificação de qualidade. Esta informação é relativa apenas à designação específica do produto, podendo não ser válida quando este material for usado em combinação com outro qualquer ou nalgum processo, a não ser que tenha sido especificado no processo de fabricação.



**Anexo B.2 - Ficha de Especificação da PAM Catiónica em Emulsão  
Ambifloc® AP 300 EM**



## FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA AMBIFLOC® AP 300 EM

Revisão: 24 / 01 / 2018

Pág. 1 de 8

(De acordo com o Regulamento (CE) n.º 1907/2006 conforme alterado pelo Regulamento (UE) n.º 2015/830)

### SECÇÃO 1: IDENTIFICAÇÃO DA SUBSTÂNCIA / MISTURA E DA SOCIEDADE / EMPRESA

#### 1.1 Identificador do produto

Nome comercial: AMBIFLOC® AP 300 EM

Tipo de produto: Mistura

#### 1.2 Utilizações identificadas relevantes da substância ou mistura e utilizações desaconselhadas

Utilizações relevantes identificadas: Agente auxiliar de processos para aplicações industriais.

Utilizações desaconselhadas: Não são conhecidas utilizações desaconselhadas para fins industriais, profissionais ou para consumo em geral.

#### 1.3 Identificação do fornecedor da ficha de dados de segurança

SNF/AMBIENTAGUA, Lda

Rua do Convento, 144 – Zona Industrial de Fontiscos

4780-427 Santo Tirso

Tel.: 252 852713

Fax: 252 853085

geral@snfambientagua.pt

Responsável pela FDS: E-mail: [geral@snfambientagua.pt](mailto:geral@snfambientagua.pt) Telefone: 252852713

#### 1.4 Número de telefone de emergência

Telefone de emergência do Centro de Informação Antivenenos (CIAV): 808 250 143

Telefone de emergência da empresa: 252 852713 (das 9h00 às 18h00)

### SECÇÃO 2: IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS

#### 2.1 Classificação da substância ou mistura

De acordo com o Regulamento (CE) n.º 1272/2008 e suas alterações:

Não é classificado.

#### 2.2 Elementos do rótulo

De acordo com o Regulamento (CE) n.º 1272/2008 e suas alterações:

Não são aplicáveis elementos do rótulo segundo este regulamento e suas alterações.

#### 2.3 Outros perigos

Avaliação PBT e mPmB: Não preenche os critérios de acordo com o Anexo XIII do REACH.

### SECÇÃO 3: COMPOSIÇÃO / INFORMAÇÃO SOBRE OS COMPONENTES

#### 3.1 Substâncias

Este produto não é uma substância.

#### 3.2 Misturas

Este produto é uma mistura.

Nome da substância	Composição (%)	N.º CAS	N.º CE	N.º Registo REACH	Classificação estabelecida pelo Regulamento (CE) n.º 1272/2008
Hidrocarbonetos, C12-C15, n-alcenos, isoalcenos, cíclicos, < 2% aromáticos	20 - 30	64742-47-8	920-107-4	01-2119453414-43-XXXX	Perigo Aspiração, categoria 1: H304 EUH066
Isotridecanol, etoxilado	< 5	69011-36-5	500-241-6	01-2119976362-32-XXXX	Perigoso para o ambiente aquático – Toxicidade crónica 3: H412

### SECÇÃO 4: MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS

#### 4.1 Descrição das medidas de primeiros socorros

**Inalação:** Remover a vítima para local arejado. Não existem perigos que exijam medidas especiais de primeiros socorros.

**Contacto com a pele:** Lavar imediatamente com muita água e sabão. Retirar todo o vestuário contaminado e os sapatos. No caso de irritação persistente na pele, consultar um médico.

**Contacto com os olhos:** Lavar abundantemente com muita água corrente, também debaixo das pálpebras, durante 15 minutos, no mínimo. Consultar um médico de imediato.

**Ingestão:** Lavar a boca com água. Não provocar o vômito. Consultar um médico ou contactar o centro antivenenos, de imediato.

#### **4.2 Sintomas e efeitos mais importantes, tanto agudos como retardados**

Não existe informação disponível.

#### **4.3 Indicações sobre cuidados médicos urgentes e tratamentos especiais necessários**

Nenhumas, em condições normais de utilização.

### **SECÇÃO 5: MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO**

#### **5.1 Meios de extinção**

**Meios adequados de extinção:** Água, água em spray, espuma, dióxido de carbono, pó químico.

**Meios inadequados de extinção:** Nenhum.

#### **5.2 Perigos Especiais decorrentes da substância ou mistura**

Os derrames do produto ou da solução do produto, produzem superfícies extremamente escorregadias.

Produtos de decomposição perigosos: óxidos de carbono (COx), óxidos de azoto (NOx), cloreto de hidrogénio e cianeto de hidrogénio podem ser produzidos na combustão em atmosfera deficiente em oxigénio.

#### **5.3 Recomendações para o pessoal de combate a incêndios**

**Medidas protetoras:** Usar equipamento de respiração autónomo e fato protetor.

### **SECÇÃO 6: MEDIDAS A TOMAR EM CASO DE FUGAS ACIDENTAIS**

#### **6.1 Precauções individuais, equipamento de proteção e procedimentos de emergência**

**Precauções individuais:** Não tocar nem caminhar sobre material derramado. Os derrames produzem superfícies extremamente escorregadias.

**Equipamento de proteção:** Usar vestuário de proteção adequado, luvas e proteção de olhos/face.

**Procedimentos de emergência:** Manter as pessoas afastadas dos derrames.

#### **6.2 Precauções a nível ambiental**

Como é habitual para todos os produtos químicos, não despejar em cursos de água.

#### **6.3 Métodos e materiais de confinamento e limpeza**

**Derrames pequenos:** Não lavar com água. Remover com material inerte absorvente.

**Derrames grandes:** Não lavar com água. Evitar o alastramento e remover rapidamente por absorção ou drenagem.

**Resíduos:** Remover com material absorvente.

#### **6.4 Remissão para outras secções**

Secção 7: Manuseamento e armazenagem.

Secção 8: Controlo da Exposição / Proteção Individual.

Secção 13: Considerações relativas à eliminação.

### **SECÇÃO 7: MANUSEAMENTO E ARMAZENAGEM**

#### **7.1 Precauções para um manuseamento seguro**

**Medidas de proteção:** Evitar contacto com a pele e os olhos. A solução aquosa, ou pó que seja humedecido tornam as superfícies extremamente escorregadias.

**Recomendações de higiene ocupacional:** Quando manipulado, não se deve comer beber ou fumar.

#### **7.2 Condições de armazenagem segura, incluindo eventuais incompatibilidades**

**Medidas técnicas e condições de armazenamento:** Manter o produto num local fresco e seco (0 – 35 °C). Manter afastado do calor e das fontes da ignição. Temperaturas negativas afetam as condições físicas e pode afetar o material.

**Materiais de embalagem:** Não especificado.

**Materiais a evitar:** Incompatível com agentes oxidantes.

#### **7.3 Usos específicos**

**Recomendações:** Derrames tornam as superfícies extremamente escorregadias.

**Soluções específicas para setores industriais:** Nenhumas.

	<b>FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA</b> <b>AMBIFLOC® AP 300 EM</b>	Revisão: 24 / 01 / 2018 Pág. 3 de 8
---	--	--

## SECÇÃO 8: CONTROLO DA EXPOSIÇÃO / PROTEÇÃO INDIVIDUAL

### 8.1 Parâmetros de controlo

Informação relevante sobre os componentes perigosos:

Hidrocarbonetos, C12-C15, n-alcenos, isoalcenos, cíclicos, < 2% aromáticos

Limites de exposição profissional nacional: Nenhum

Limites de exposição ocupacionais recomendados: 140 mg/m<sup>3</sup> (8-hr TWA) (valor da Alemanha)

Nível derivado de exposição sem efeitos / Nível de efeito mínimo derivado (DNELs / DMELs)

Nenhum efeito de limiar e/ou nenhuma informação de dose-resposta disponível.

Isotridecanol, etoxilado

Limites de exposição profissional nacional: Nenhum

Nível derivado de exposição sem efeitos / Nível de efeito mínimo derivado (DNELs / DMELs)

Nenhum efeito de limiar e/ou nenhuma informação de dose-resposta disponível.

Concentração previsivelmente sem efeitos (PNECs):

Dados não disponíveis.

### 8.2 Controlo da exposição

**8.2.1 Controlos técnicos adequados:** Assegurar-se de uma adequada ventilação, especialmente em áreas pequenas. Usar locais com exaustão no caso de poeiras. Uma ventilação natural é adequada se não existir poeiras.

#### 8.2.2 Equipamentos de proteção individual

Proteção dos olhos/face: Óculos de segurança com proteção lateral.

Proteção da pele: usar fato-macaco resistente a produtos químicos, bem como sapatos de borracha, quando existe contacto com o produto.

Proteção das mãos: Luvas em PVC ou outro material plástico.

Proteção das vias respiratórias: Habitualmente não é necessário equipamento de proteção.

Conselhos adicionais: Lavar as mãos e o rosto antes de qualquer paragem e imediatamente a seguir ao uso do produto. Lavar as mãos antes dos intervalos e no final do dia de trabalho.

**8.2.3 Controlo da exposição ambiental:** Não permitir descargas descontroladas de produto no meio ambiente.

## SECÇÃO 9: PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

### 9.1 Informação sobre propriedades físicas e químicas de base

Aspeto:	Líquido viscoso
Cor:	Esbranquiçada
Odor:	Alifático
Limiar olfativo:	Informação indisponível
pH:	3 a 6
Ponto de fusão/ponto de congelação:	< 5 °C
Ponto de ebulição inicial e Intervalo de ebulição:	> 100 °C
Ponto de inflamação (°C):	Não se inflama
Taxa de evaporação:	Informação indisponível
Inflamabilidade (sólido gás):	Não aplicável
Limites superior/inferior de inflamabilidade ou de explosividade:	Não aplicável
Pressão de vapor:	2,3 kPa @ 20 °C
Densidade de vapor:	0,804 g/litro @ 20 °C
Densidade relativa:	1,00 – 1,10
Solubilidade(s):	Completamente miscível
Coefficiente de partição n-octano/água:	Não aplicável
Temperatura de autoignição (°C):	Não aplicável
Temperatura de decomposição:	> 150 °C
Viscosidade:	Consultar a ficha técnica
Propriedades Explosivas:	Não é explosivo
Propriedades comburentes:	Não é comburente

### 9.2 Outras informações

Não existem informações adicionais.

**SECÇÃO 10: ESTABILIDADE E REATIVIDADE**
**10.1 Reatividade**

O produto é estável nas condições de manipulação e armazenamento recomendadas.

**10.2 Estabilidade química**

O produto é estável nas condições de manipulação e armazenamento recomendadas.

**10.3 Possibilidade de reações perigosas**

Agentes oxidantes podem causar reações exotérmicas.

**10.4 Condições a evitar**

Proteger do frio, do calor, e da luz solar.

**10.5 Materiais incompatíveis**

Incompatível com agentes oxidantes.

**10.6 Produtos da decomposição perigosos**

Óxidos de carbono (COx), óxidos de azoto (NOx), cloreto de hidrogénio e cianeto de hidrogénio podem ser produzidos na combustão, em atmosfera deficiente em oxigénio.

**SECÇÃO 11: INFORMAÇÃO TOXICOLÓGICA**
**11.1 Informações sobre efeitos toxicológicos**

Informação sobre o produto tal e qual a fornecer:

**a) Toxicidade aguda:**

Por via oral:

DL<sub>50</sub>/oral/ratazana > 5000 mg/kg mg/kg

Por via cutânea:

DL<sub>50</sub>/cutânea/ratazana > 5000 mg/kg mg/kg

Por via inalatória:

Não se espera que seja tóxico por esta via

**b) Corrosão/irritação cutânea:**

Não é irritante

**c) Lesões oculares graves/irritação ocular:**

Pode causar irritação nos olhos em pessoas sensíveis

**d) Sensibilização respiratória ou cutânea:**

Não é sensibilizante

**e) Mutagenicidade em células germinativas:**

Não é mutagénico

**f) Carcinogenicidade:**

Não é carcinogénico

**g) Toxicidade reprodutiva:**

Não é tóxico para a reprodução

**h) Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT) – exposição única:**

Sem efeitos conhecidos

**i) Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT) – exposição repetida:**

Sem efeitos conhecidos

**j) Perigo de aspiração:**

Não é perigoso por aspiração

Informação relevante sobre os componentes perigosos:

Hidrocarbonetos, C12-C15, n-alcanos, isoalcanos, cíclicos, < 2% aromáticos

**a) Toxicidade aguda:**

Por via oral:

DL<sub>50</sub>/oral/ratazana > 5000 mg/kg mg/kg (OECD 401)

Por via cutânea:

DL<sub>50</sub>/cutânea/coelho > 5000 mg/kg mg/kg (OECD 402)

Por via inalatória:

CL<sub>50</sub>/inalação/4 h/ratazana > 4951 mg/m<sup>3</sup> (OECD 403)

**b) Corrosão/irritação cutânea:**

Não é irritante. (OECD 404). Exposição repetida pode causar secura ou gretar a pele

**c) Lesões oculares graves/irritação ocular:**

Não é irritante. (OECD 405)

**d) Sensibilização respiratória ou cutânea:**

Por analogia com produtos similares, não é esperado que o produto seja sensibilizante

**e) Mutagenicidade em células germinativas:**

Não é mutagénico (OECD 471, 473, 474, 476, 478, 479)

**f) Carcinogenicidade:**

Estudos de carcinogenicidade em ratas (OECD 451): Negativo

**g) Toxicidade reprodutiva:**

Por analogia com produtos similares, não é esperado que o produto seja tóxico para a reprodução

**h) Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT) – exposição única:**

Sem efeitos conhecidos

**i) Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT) – exposição repetida:**

NOAEL/oral/ratazana/90 dias ≥ 3000 mg/kg/dia (OECD) Baseado nas propriedades físico-químicas do produto

**j) Perigo de aspiração:**

Pode ser fatal no caso de ser aspirado pelas vias Respiratórias

DQ 016/02

**Isotridecanol, etoxilado**
**a) Toxicidade aguda:**

Por via oral:

DL<sub>50</sub>/oral/ratazana = 200-300 mg/kg

Por via cutânea:

DL<sub>50</sub>/cutânea/coelho > 2000 mg/kg

**b) Corrosão/irritação cutânea:**

Não é irritante para a pele

**c) Lesões oculares graves/irritação ocular:**

Pode causar irritação ocular grave

**d) Sensibilização respiratória ou cutânea:**

Não é sensibilizante

**e) Mutagenicidade em células germinativas:**

Não é mutagénico

**f) Carcinogenicidade:**

Não é carcinogénico

**g) Toxicidade reprodutiva:**

Toxicidade reprodutiva de duas gerações (OECD 416). NOAEL/ratazana &gt; 250 mg/kg/dia. Estudo de toxicidade de desenvolvimento pré-natal (OECD 414). NOAEL/Toxicidade Maternal / ratazana &gt; 50 mg/kg/dia. NOAEL/Toxicidade de desenvolvimento/ratazana &gt; 50 mg/kg/dia

**h) Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT) – exposição única:**

Sem efeitos conhecidos

**i) Toxicidade para órgãos-alvo específicos (STOT) – exposição repetida:**

NOAEL/oral/ratazana/600 dias = 50 mg/kg/dia

**j) Perigo de aspiração:**

Sem efeitos conhecidos

**SECÇÃO 12: INFORMAÇÃO ECOLÓGICA**
**12.1 Toxicidade**
**Informação do produto tal e qual é fornecido:**

Toxicidade aguda para os peixes:

CL<sub>50</sub>/Peixes/96 horas = 10 - 100 mg/L (estimado)

Toxicidade aguda para invertebrados:

CE 50/*Daphnia*/48 horas = 10 - 100 mg/L (estimado)

Toxicidade aguda para algas:

Os testes de inibição em algas não são apropriados. As características de floculação do produto interferem diretamente no meio do teste afetando a distribuição homogênea, invalidando os resultados do teste.

Toxicidade crónica para os peixes:

Informação indisponível

Toxicidade crónica para os invertebrados:

Informação indisponível

Toxicidade para os microorganismos:

Informação indisponível

Efeitos nos organismos terrestres:

Informação indisponível. Facilmente biodegradáveis, a exposição ao solo é improvável

Toxicidade de sedimentos:

Informação indisponível. Facilmente biodegradáveis, a exposição a sedimentos é improvável

**Informação importante sobre os componentes perigosos:**
**Hidrocarbonetos, C12-C15, n-alcenos, isóalcenos, cíclicos, < 2% aromáticos**

Toxicidade aguda para os peixes:

CL<sub>0</sub>/*Oncorhynchus mykiss*/96 horas > 1000 mg/L (OECD 203)

Toxicidade aguda para invertebrados:

CE 0/*Daphnia magna*/48 horas > 1000 mg/L (OECD 202)

Toxicidade aguda para algas:

CI 0/*Pseudokircheriella subcapitata*/72 horas > 1000 mg/L (OECD 201)

Toxicidade crónica para os peixes:

NOEC/ *Oncorhynchus mykiss* /28 dias > 1000 mg/L

Toxicidade crónica para os invertebrados:

NOEC/ *Daphnia magna* /21 dias > 1000 mg/L

Toxicidade para os microorganismos:

CE 50/*Tetrahymena pyriformis*/48 horas > 1000 mg/L

Efeitos nos organismos terrestres:

Informação indisponível

Toxicidade de sedimentos:

Informação indisponível. Facilmente biodegradáveis, a exposição a sedimentos é improvável

**Isotridecanol, etoxilado:**

Toxicidade aguda para os peixes:

CL<sub>50</sub>/*Cyprinus carpio*/96 horas 1-10 mg/L (OECD 203)

Toxicidade aguda para invertebrados:

CE 50/*Daphnia*/48 horas 1-10 mg/L (OECD 202)

Toxicidade aguda para algas:

CI 0/*Desmodesmus subspicatus*/72 horas > 1-10 mg/L (OECD 201)

Toxicidade crónica para os peixes:

Informação indisponível

Toxicidade crónica para os invertebrados:

Informação indisponível

Toxicidade para os microorganismos:

CE 10/Lama ativada/17 horas &gt; 10000 mg/L (DIN 38412-8)

Efeitos nos organismos terrestres:

Informação indisponível

Toxicidade de sedimentos:

Informação indisponível

**12.2 Persistência e degradabilidade**
**Biodegradação:**
**Informação do produto tal e qual é fornecido:**

Degradação:

Rapidamente biodegradável



Hidrólise: A pH's naturais (>6) o polímero degrada-se devido a hidrólise (cerca de 70 % em 28 dias). A hidrólise do produto não é nociva para os organismos aquáticos.

Fotólise: Informação indisponível

**Informação importante sobre os componentes perigosos:**

**Hidrocarbonetos, C12-C15, n-alcanos, isoalcanos, cíclicos, < 2% aromáticos**

Degradação: Rapidamente biodegradável

Hidrólise: Não hidrolisa

Fotólise: Informação indisponível

**Isotridecanol, etoxilado:**

Degradação: Rapidamente biodegradável. > 60%/28 dias (OECD 301B)

Hidrólise: Não hidrolisa

Fotólise: Informação indisponível

**12.3 Potencial de bioacumulação**

**Informação do produto tal e qual é fornecido:**

Para este produto não é esperada bioacumulação

Coeficiente de partição (Low Pow):

Não aplicável

Fator de bioconcentração:

Informação indisponível

**Informação importante sobre os componentes perigosos:**

**Hidrocarbonetos, C12-C15, n-alcanos, isoalcanos, cíclicos, < 2% aromáticos**

Coeficiente de partição (Low Pow):

3 – 6

Fator de bioconcentração:

Informação indisponível

**Isotridecanol, etoxilado:**

Coeficiente de partição (Low Pow):

> 3

Fator de bioconcentração:

Informação indisponível

**12.4 Mobilidade no solo**

**Informação do produto tal e qual é fornecido:**

Informação indisponível

**Informação importante sobre os componentes perigosos:**

**Hidrocarbonetos, C12-C15, n-alcanos, isoalcanos, cíclicos, < 2% aromáticos**

Koc:

Informação indisponível

**Isotridecanol, etoxilado:**

Koc:

> 5000

**12.5 Resultados da Avaliação PBT e mPmB**

Não preenche os critérios segundo o Anexo XIII do REACH.

**12.6 Outros efeitos adversos**

Nenhuns.

**SECÇÃO 13: CONSIDERAÇÕES RELATIVAS À ELIMINAÇÃO**

**13.1 Métodos de Tratamento de Resíduos**

Resíduos/ Produto inutilizado: Eliminar de acordo com a legislação local.

Embalagens contaminadas: Se a reciclagem não for viável, eliminar de acordo com a legislação local.

Reciclagem: O produto e a sua embalagem não são adequados para reciclagem.

**SECÇÃO 14: INFORMAÇÕES RELATIVAS AO TRANSPORTE**

**14.1 Número ONU**

ADR/RID/IMDG/OACI/ADN:

Não é classificado como perigoso, segundo os regulamentos de transporte.

**14.2 Designação oficial de transporte da ONU**

ADR/RID/IMDG/OACI/ADN:

Não aplicável.

	<b>FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA</b> <b>AMBIFLOC® AP 300 EM</b>	Revisão: 24 / 01 / 2018 Pág. 7 de 8
---	--	--

#### 14.3 Classes de perigo para efeitos de transporte

ADR/RID/IMDG/OACI/ADN:

Não aplicável.

#### 14.4 Grupo de embalagem

ADR/RID/IMDG/OACI/ADN:

Não aplicável.

#### 14.5 Perigos para o ambiente

ADR/RID/IMDG/OACI/ADN:

Não é classificado como perigoso do ponto de vista do ambiente.

#### 14.6 Precauções especiais para o utilizador:

14.6.1 Etiquetas (ADR/RID/ADN/IMDG/OACI): Não aplicável.

14.6.2 Identificação de perigo (ADR/RID/ADN): Não aplicável.

14.6.3 Código restrição túneis (ADR/RID/ADN): Não aplicável.

14.6.4 Segregação (IMDG): Não aplicável.

14.6.5 Segregação (ADR/RID/IMDG/OACI/ADN): Não aplicável.

#### 14.7 Transporte a granel em conformidade com o anexo II da Convenção Marpol e o Código IBC:

Não aplicável.

### SECÇÃO 15: INFORMAÇÃO SOBRE REGULAMENTAÇÃO

#### 15.1 Regulamentação/legislação específica para a substância ou mistura em matéria de saúde, segurança e ambiente

Os componentes perigosos foram sujeitos a registo na Agência Europeia de Produtos Químicos.

Regulamento (CE) nº 1907/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de dezembro de 2006, relativo ao registo, avaliação, autorização e restrição dos produtos químicos (REACH), e suas alterações, em particular, regulamento (UE) 2015/830 da Comissão de 28 de Maio de 2015.

Diretiva 67/548/CEE do Conselho, de 27 de junho de 1967, relativa à aproximação das disposições legais, regulamentares e administrativas em matéria de classificação, embalagem e rotulagem das substâncias perigosas, e suas alterações.

Regulamento (CE) nº 1272/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, 16 de dezembro de 2008, sobre classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas, e suas alterações.

Diretiva 98/24/CE do Conselho de 7 de Abril de 1998 relativa à proteção da saúde e da segurança dos trabalhadores contra os riscos relacionados com os agentes químicos durante o trabalho, e suas alterações.

Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro de 2008, sobre resíduos.

#### 15.2 Avaliação de segurança química

Devido ao limite de tempo para o registo, o cenário de exposição não está ainda disponível para todos os componentes do produto. Consequentemente a Avaliação de Segurança Química ainda não foi realizada. Ver secções 7 e 8 desta ficha de dados de segurança para obter a informação essencial sobre medidas de segurança e controlo de exposições.

### SECÇÃO 16: OUTRAS INFORMAÇÕES

**Referências bibliográficas e fontes de dados:** Esta ficha de dados de segurança teve em conta a ficha de dados de segurança do fabricante do produto e teve em conta os seguintes diplomas:

Regulamento da Comissão (UE) n.º 2015/830

Regulamento da Comissão (CE) n.º 1907/2006

Regulamento da Comissão (CE) n.º 1272/2008

E a seguinte base de dados: [http://limitvalue.ifa.dguv.de/WebForm\\_ueliste.aspx](http://limitvalue.ifa.dguv.de/WebForm_ueliste.aspx)

**Lista das advertências de perigo e/ou recomendações de prudência relevantes:**

**Frases H:**

H304 Pode ser mortal por ingestão e penetração nas vias respiratórias.

H412 Nocivo para os organismos aquáticos com efeitos duradouros.

EUH066 Pode provocar pele seca ou gretada por exposição repetida.

DQ 016/02



	<b>FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA</b> <b>AMBIFLOC® AP 300 EM</b>	Revisão: 24 / 01 / 2018 Pág. 8 de 8
---	--	--

**Histórico das revisões:**

Última Revisão:

Revisão integral da ficha (verificação da necessidade de atualizações relativamente à ficha do fornecedor e à classificação do produto).

Revisões anteriores:

Atualização da secção 3.2.

Para dar cumprimento à legislação em vigor, Regulamento (UE) n.º 2015/830, procedeu-se à atualização das subsecções 2.1 e 3.1 para estar de acordo com o Anexo II deste regulamento. Revisão da secção 14 - classificação relativa ao transporte.

Contemplar as últimas informações recebidas dos fabricantes dos componentes perigosos e correções relacionadas com a estrutura da FDS, determinada pelo Regulamento (UE) n.º 453/2010, de 20 de maio.

A informação disponível nesta ficha de segurança está baseada no nosso estado de conhecimento atual sobre o produto e é dada de boa fé. A informação prestada destina-se apenas a dar conselhos que proporcionem uma utilização, manuseamento, processamento, armazenamento, transporte e eliminação seguros, e não deve ser considerada uma garantia de especificação de qualidade. Esta informação é relativa apenas à designação específica do produto, podendo não ser válida quando este material for usado em combinação com outro qualquer ou nalgum processo, a não ser que tenha sido especificado no processo de fabricação.

## **Anexo C - Ensaio *Jar Test* (Método do Copo)**

## **Anexo C.1 - PE em Pó**

Tabela C.1 – Resultados do Jar Test em relação ao PE em Pó.

Método do Copo ("Beaker Method")																										
Recolha		02/05/2018																								
		Data																								
	Hora	14:40	14:45	14:49	14:52	14:57	15:01	15:04	15:06	15:11	15:15	15:18	15:25	15:27	15:30	15:33	15:35	15:40	15:42	15:45	15:47	15:50	15:52	15:55		
	-----	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7	Ensaio 8	Ensaio 9	Ensaio 10	Ensaio 11	Ensaio 12	Ensaio 13	Ensaio 14	Ensaio 15	Ensaio 16	Ensaio 17	Ensaio 18	Ensaio 19	Ensaio 20	Ensaio 21	Ensaio 22	Ensaio 23		
	Amostra de Lama	Lama Digerida																								
	ST	2,49																								
	SV	78,3																								
	Volume de Lama	200																								
	Concentração de PAM Catiónica	3																								
	Volume de PAM Catiónica	10	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1		
	Temperatura	20	20	19	20	21	21	20	21	19	19	20	20	20	21	21	21	20	19	19	21	20	20	20		
	pH	7,39																								
	Viscosidade	47,6	48,8	49,9	52,5	56,4	58,6	60	61,9	66,3	66,5	66	65,8	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
	Incorporação	8	7	7	8	9	6	5	6	7	4	5	6	7	6	6	5	5	6	4	5	4	5	4		
	Floculação	S.R	S.R	S.R	S.R	S.R	S.R	F.P	F.P	F.P	F.P	F.M	F.M	F.M	F.M	F.M	F.M	F.M	F.M	F.G	F.G	F.G	F.G	F.G		
	Clarificado	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MM	M	M	M	M	M	M	M	M	B	B	B	B	M.B		
	Após 8 Passagens, ocorre degradação do flocos e adicionou-se +2 ml de PE																									
	Refloculação	F.G																								
		Legenda												Unidades												
ST		Sólidos Totais												°C												
SV		Sólidos Voláteis												cP												
PAM Catiónica		Polianilamida Catiónica												%												
														%												
														ml												
														ml												
														g/l												
														Nº de Passagens												
														Muito Mau												
														Mau												
														Bom												
														Muito Bom												
														Sem Reacção												
														Foco Pequeno												
														Foco Médio												
														Foco Grande												
Observações																										

## **Anexo C.2 - PE em Emulsão**

Tabela C.2 – Resultados do Jar Test em relação ao PE em Emulsão.

Método do Copo ("Beaker Method")																										
Recolha		06/07/2018																								
Data																										
	Hora	10:21	10:32	10:40	10:49	10:54	11:12	11:21	11:28	11:39	11:53	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	-----	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7	Ensaio 8	Ensaio 9	Ensaio 10	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Lama Digerida																										
	Amostra de Lama																									
	ST	2,36																								
	SV	76,2																								
	Volume de Lama	200																								
	Concentração de PAM Catiónica	6																								
	Dosagem de PAM Catiónica	10	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Temperatura	27	26	26	27	25	25	26	27	25	25	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	pH	7,1																								
	Viscosidade	53,5	55,1	56,9	58,5	61,6	65,3	69,2	74,7	78,4	80,1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Incorporação	8	7	7	8	9	6	5	6	7	4	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Floculação	SR	SR	FP	FP	FP	FM	FM	FM	FG	FG	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	Clificado	MM	MM	M	M	M	M	B	B	B	MB	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Após 15 Passagens, ocorre degradação do flocó e adicionou-se +2 ml de PE																										
	Refloculação	FG																								
Legenda													Unidades													
ST		Sólidos Totais										Temperatura	°C													
SV		Sólidos Volúveis										Viscosidade	cP													
PAM Catiónica		Poliacrilamida Catiónica										ST	%													

## **Anexo D - Ensaaios Industriais**

## **Anexo D.1 - PE em Pó**



Tabela D.1 - Registo Parâmetros Processuais para PE em Pó (Teste 1).

Desidratação de Lamas em Decantadores Centrífugos								
Recolha	Data	07/05/2018			08/05/18			08/05/18
	-----	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Inlablins
Variáveis do Processo	Q <sub>Lama</sub>	10	11	12	13	14	15	11
	Q <sub>PE</sub>	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
	Q <sub>PE</sub> /Q <sub>Lama</sub>	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,11
	Carga Centrífuga	242	266,2	290,4	317,2	341,6	366	330
	Consumo PE	4,28	4,28	4,28	4,05	4,05	4,05	4,28
	Dose PE	8,85	8,05	7,38	6,39	5,93	5,54	6,49
Variáveis da Centrífuga	V <sub>A</sub>	3000						3000
	V <sub>R</sub>	7,4	7,4	7,3	7,6	7,5	7,5	7,4
	Binário	13,8	13,6	13,7	13,5	13,4	13,3	13,6
Análise de Amostras	% Conc. PE	0,37			0,35			0,37
	% MS <sub>Lama Digerida</sub>	2,42			2,44			3
	% MS <sub>Lama Desidratada</sub>	14,62	13,59	12,37	11,13	9,89	9,11	14,1
	Clarificado	M.B	B	M	M	M.M	M.M	M.B
	% ST <sub>Clarificado</sub>	0,1	0,29	0,49	0,64	0,82	1,05	0,02
	% Taxa de Captura	96,53	89,94	83,04	78,27	72,40	64,39	99,40
Custo Total (€/tonMS)	---	214,85	227,82	246,99	270,44	301,51	325,30	216,73
Legenda				Unidades				
PE	Poli-eletrólito			Q <sub>Lama</sub>	m³/h			
VA	Velocidade Absoluta			Q <sub>PE</sub>	m³/h			
VR	Velocidade Relativa			Carga Centrífuga	kg/h			
Q <sub>Lama</sub>	Caudal de Lama			Consumo PE	kg <sub>PE</sub> /h			
Q <sub>PE</sub>	Caudal de Poli-eletrólito			Dose PE	kg/ton <sub>MS</sub>			
MS	Matéria Seca			V <sub>A</sub>	rpm			
ST	Sólidos Totais			V <sub>R</sub>	rpm			
				Binário	%			
				Clarificado	M.M	Muito Mau		
					M	Mau		
					B	Bom		
					M.B	Muito Bom		
Observações								

Tabela D.2 - Registo Parâmetros Processuais para o PE em Pó (Teste 2).

Desidratação de Lamas em Decantadores Centrífugos								
Recolha	Data	15/05/2018			16/05/2018			16/05/18
	-----	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Inlablins
Variáveis do Processo	Q <sub>Lama</sub>	12	12	12	12	12	12	12
	Q <sub>PE</sub>	1,16	1,40	1,64	1,88	2,11	2,35	1,16
	Q <sub>PE</sub> /Q <sub>Lama</sub>	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,10
	Carga Centrífuga	280,8	280,8	280,8	286,8	286,8	286,8	324
	Consumo PE	4,52	5,45	6,38	6,94	7,82	8,71	4,75
	Dose PE	8,04	9,70	11,36	12,10	13,64	15,18	7,33
Variáveis da Centrífuga	V <sub>A</sub>	3000						3000
	V <sub>R</sub>	8,4	8,3	8,3	8,6	8,4	8,5	8,4
	Binário	13,3	13,2	13,6	12,9	13,2	13,1	13,3
Análise de Amostras	% Conc. PE	0,39			0,37			0,41
	% MS <sub>Lama Digerida</sub>	2,34			2,39			2,7
	% MS <sub>Lama Desidratada</sub>	12,86	13,28	13,89	14,23	14,67	15,02	12,5
	Clarificado	M	B	B	M.B	M.B	M.B	M
	% ST <sub>Clarificado</sub>	0,43	0,32	0,28	0,18	0,14	0,11	0,03
	% Taxa de Captura	84,45	88,46	89,85	93,65	95,05	96,10	99,10
Custo Total (€/tonMS)	---	239,71	236,43	230,75	227,50	224,96	223,91	244,48
Legenda				Unidades				
PE	Polieletrólito			Q <sub>Lama</sub>	m³/h			
VA	Velocidade Absoluta			Q <sub>PE</sub>	m³/h			
VR	Velocidade Relativa			Carga Centrífuga	kg/h			
Q <sub>Lama</sub>	Caudal de Lama			Consumo PE	kg <sub>PE</sub> /h			
Q <sub>PE</sub>	Caudal de Polieletrólito			Dose PE	kg/ton <sub>MS</sub>			
MS	Matéria Seca			V <sub>A</sub>	rpm			
ST	Sólidos Totais			V <sub>R</sub>	rpm			
				Binário	%			
				Clarificado	M.M	Muito Mau		
					M	Mau		
					B	Bom		
					M.B	Muito Bom		
Observações								
Ensaio 5 e 6 com a presença de alguma espuma.								

Tabela D.3 - Registo Parâmetros Processuais para o PE em Pó (Teste 3).

Desidratação de Lamas em Decantadores Centrífugos								
Recolha	Data	21/05/2018			22/05/2018			22/05/18
	-----	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Inlablms
Variáveis do Processo	Q <sub>Lama</sub>	12	12	12	12	12	12	12
	Q <sub>PE</sub>	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64
	Q <sub>PE</sub> /Q <sub>Lama</sub>	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
	Carga Centrífuga	279,6	279,6	279,6	285,6	285,6	285,6	348
	Consumo de PE	5,56	5,56	5,56	5,89	5,89	5,89	6,71
	Dose PE	9,95	9,95	9,95	10,31	10,31	10,31	9,64
Variáveis da Centrífuga	V <sub>A</sub>	3000						3000
	V <sub>R</sub>	7,60	7,29	7,15	7,04	6,43	5,76	7,3
	Binário	15	17	19	21	23	25	17
Análise de Amostras	% Conc. PE	0,34			0,36			0,41
	% MS <sub>Lama Digerida</sub>	2,33			2,38			2,9
	% MS <sub>Lama Desidratada</sub>	13,29	14,15	15,02	15,91	16,49	17,14	13,7
	Clarificado	M.B	M.B	B	B	B	B	M.B
	% ST <sub>Clarificado</sub>	0,12	0,15	0,21	0,32	0,39	0,44	0,01
	% Taxa de Captura	95,71	94,56	92,28	88,33	85,64	83,66	99,73
Custo Total (€/tonMS)	---	236,83	223,80	212,13	202,33	196,03	189,48	229,71
Legenda				Unidades				
PE	Polieletrólito			Q <sub>Lama</sub>	m³/h			
VA	Velocidade Absoluta			Q <sub>PE</sub>	m³/h			
VR	Velocidade Relativa			Carga Centrífuga	kg/h			
Q <sub>Lama</sub>	Caudal de Lama			Consumo PE	kg <sub>PE</sub> /h			
Q <sub>PE</sub>	Caudal de Polieletrólito			Dose PE	kg/ton <sub>MS</sub>			
MS	Matéria Seca			V <sub>A</sub>	rpm			
ST	Sólidos Totais			V <sub>R</sub>	rpm			
				Binário	%			
				Clarificado	M.M	Muito Mau		
					M	Mau		
					B	Bom		
					M.B	Muito Bom		
Observações								

Tabela D.4 - Registo Parâmetros Processuais para o PE em Pó (Teste 4).

Desidratação de Lamas em Decantadores Centrífugos							
Recolha	Data	06/06/2018					06/06/18
	-----	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Inlablins
Variáveis do Processo	Q <sub>Lama</sub>	12	12	12	12	12	12
	Q <sub>PE</sub>	1,16	1,40	1,64	1,88	2,11	1,88
	Q <sub>PE</sub> /Q <sub>Lama</sub>	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,16
	Carga Centrífuga	284,4	284,4	284,4	291,6	291,6	300
	Consumo de PE	4,05	4,89	5,73	6,19	6,98	8,63
	Dose PE	7,12	8,60	10,07	10,61	11,96	14,38
Variáveis da Centrífuga	V <sub>A</sub>	3000					3000
	V <sub>R</sub>	5,52	5,49	5,76	5,69	5,71	5,4
	Binário	25	25	25	25	25	25
Análise de Amostras	% Conc. PE	0,35			0,33		0,46
	% MS <sub>Lama Digerida</sub>	2,37			2,43		2,5
	% MS <sub>Lama Desidratada</sub>	15,98	16,63	17,14	17,77	17,91	17,1
	Clarificado	M.M	M	B	B	M.B	M.B
	% ST <sub>Clarificado</sub>	0,68	0,52	0,36	0,24	0,18	0,12
	% Taxa de Captura	74,48	80,58	86,63	91,36	93,53	95,87
Custo Total (€/tonMS)	---	194,38	190,72	188,93	184,26	186,05	199,01
Legenda		Unidades					
PE	Polieletrólito	Q <sub>Lama</sub>	m³/h				
VA	Velocidade Absoluta	Q <sub>PE</sub>	m³/h				
VR	Velocidade Relativa	Carga Centrífuga	kg/h				
Q <sub>Lama</sub>	Caudal de Lama	Consumo PE	kg <sub>PE</sub> /h				
Q <sub>PE</sub>	Caudal de Polieletrólito	Dose PE	kg/ton <sub>MS</sub>				
MS	Matéria Seca	V <sub>A</sub>	rpm				
ST	Sólidos Totais	V <sub>R</sub>	rpm				
		Binário	%				
		Clarificado	M.M	Muito Mau			
			M	Mau			
			B	Bom			
			M.B	Muito Bom			
Observações							
Ensaio 4 e 5 com a presença de alguma espuma.							

Tabela D.5 - Registo Parâmetros Processuais para o PE em Pó (Teste 5).

Desidratação de Lamas em Decantadores Centrífugos								
Recolha	Data	18/06/2018			19/06/2018			19/06/18
	-----	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Inlabilims
Variáveis do Processo	Q <sub>Lama</sub>	12	12	12	12	12	12	12
	Q <sub>PE</sub>	1,04	1,16	1,28	1,40	1,52	1,64	1,04
	Q <sub>PE</sub> /Q <sub>Lama</sub>	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,09
	Carga Centrífuga	297,6	297,6	297,6	297,6	297,6	297,6	336
	Consumo PE	3,63	4,05	4,47	4,89	5,31	5,73	4,36
	Dose PE	6,10	6,81	7,51	8,21	8,92	9,62	6,49
Variáveis da Centrífuga	V <sub>A</sub>	3000						3000
	V <sub>R</sub>	7,3	7,3	7,5	7,4	7,5	7,5	7,3
	Binário	11	13	15	17	19	21	21
Análise de Amostras	% Conc. PE	0,35						0,42
	% MS <sub>Lama Digerida</sub>	2,48						2,8
	% MS <sub>Lama Desidratada</sub>	15,81	16,03	16,26	16,38	16,41	16,47	14,4
	Clarificado	B	M.B	M.B	M.B	M.B	M.B	M.B
	% ST <sub>Clarificado</sub>	0,26	0,21	0,18	0,13	0,1	0,09	0,02
	% Taxa de Captura	91,01	92,75	93,78	95,52	96,56	96,90	99,42
Custo Total (€/tonMS)	---	194,00	193,11	192,18	192,47	193,74	194,69	212,52
Legenda				Unidades				
PE	Polieletrólito			Q <sub>Lama</sub>	m³/h			
VA	Velocidade Absoluta			Q <sub>PE</sub>	m³/h			
VR	Velocidade Relativa			Carga Centrífuga	kg/h			
Q <sub>Lama</sub>	Caudal de Lama			Consumo PE	kg <sub>PE</sub> /h			
Q <sub>PE</sub>	Caudal de Polieletrólito			Dose PE	kg/ton <sub>MS</sub>			
MS	Matéria Seca			V <sub>A</sub>	rpm			
ST	Sólidos Totais			V <sub>R</sub>	rpm			
				Binário	%			
				Clarificado	M.M	Muito Mau		
					M	Mau		
					B	Bom		
					M.B	Muito Bom		
Observações								
Ensaio 4, 5 e 6 com a presença de alguma espuma.								

## **Anexo D.2 - PE em Emulsão**

Tabela D.6 - Registro Parâmetros Processuais com PE em Emulsão durante o mês de Julho.

Dia	Caudal Lama	MS Lama Digerida	Carga Massica	MS PE	Consignia Bomba PE	Caudal de PE	Consumo de PE	Dose Teorica de PE	Va	Binário	Vr	MS Lama Desidratada	Esccorência Desidratação	Taxa de Captura	Custo Total	Custo Total Inibitims
	[m3/h]	[%]	[kg/h]	[%]	[%]	[m3/h]	[kgPE/h]	[kgPE/tonMS]	[ppm]	[%]	[ppm]	[%]	[%]	[%]	[€/tonMS]	[€/tonMS]
02/07/18	15	2,46	369	0,19	70	1,99	3,79	10,27	3000	38	7,2	19,46	0,12	95,71	165,97	
02/07/18	15	2,46	369	0,19	70	1,99	3,79	10,27	3000	40	7,1	19,75	0,07	97,50	163,82	
03/07/18	15	2,43	364,5	0,17	80	2,23	3,80	10,42	3000	35	7,2	19,62	0	100	165,06	
03/07/18	15	2,43	364,5	0,17	80	2,23	3,80	10,42	3000	40	7	19,77	0,08	97,10	163,95	
03/07/18	15	2,43	364,5	0,17	80	2,23	3,80	10,42	3000	42,5	6,8	19,99	0,11	96,00	162,37	
03/07/18	15	2,43	364,5	0,17	80	2,23	3,80	10,42	3000	45	6,4	20,03	0,19	93,06	162,08	
03/07/18	15	2,5	375	0,27	80	2,23	6,03	16,08	3000	40	6,4	18,9	0,02	99,31	181,35	
04/07/18	12	2,47	296,4	0,40	45	1,40	5,59	18,85	3000	40	5,7	20,35	0,03	98,93	175,87	
04/07/18	12	2,47	296,4	0,40	45	1,40	5,59	18,85	3000	42,5	5,6	20,60	0,14	94,98	174,17	
04/07/18	12	2,47	296,4	0,40	50	1,52	6,07	20,47	3000	42,5	5,5	20,57	0,15	94,62	177,44	
04/07/18	12	2,47	296,4	0,40	50	1,52	6,07	20,47	3000	45	5,4	20,72	0,18	93,53	176,43	
05/07/18	9	2,45	220,5	0,35	40	1,28	4,47	20,27	3000	40	4,5	20,74	0,02	99,28	175,94	
05/07/18	9	2,45	220,5	0,35	45	1,40	4,89	22,17	3000	40	4,4	21,11	0	100	177,14	
09/07/18	12	2,25	270	0,14	45	1,40	1,96	7,24	3000	40	4,6	16,31	0,18	93,03	188,50	
09/07/18	12	2,25	270	0,14	45	1,40	1,96	7,24	3000	42,5	5,5	17,74	0,15	94,13	174,42	
09/07/18	12	2,25	270	0,14	50	1,52	2,12	7,86	3000	42,5	5,6	17,78	0,12	95,31	175,23	
09/07/18	12	2,25	270	0,14	55	1,64	2,29	8,48	3000	42,5	5,5	18,01	0,07	97,27	174,36	
09/07/18	12	2,25	270	0,14	55	1,64	2,29	8,48	3000	45	5,3	18,32	0,13	94,90	171,69	
10/07/18	11	2,39	262,9	0,16	50	1,52	2,43	9,23	3000	35	7,2	19,56	0	100,00	163,24	
10/07/18	11	2,39	262,9	0,16	50	1,52	2,43	9,23	3000	37,5	7,1	19,71	0	100,00	162,13	
10/07/18	11	2,39	262,9	0,16	60	1,76	2,81	10,88	3000	40	6,7	19,83	0,02	99,26	164,02	
10/07/18	15	2,5	375	0,26	50	1,52	3,94	10,51	3000	35	6,4	17,1	0,03	99,14	186,64	
13/07/18	12	2,42	290,4	0,28	85	2,35	6,59	22,69	3000	26	5,6	19,47	0,01	99,64	188,50	
13/07/18	13	2,42	314,6	0,28	85	2,35	6,59	20,95	3000	30	5,2	20,21	0,05	98,18	180,82	
17/07/18	18	1,98	356,4	0,40	90	2,47	9,89	27,76	3000	25	7,9	20,18	0	100	193,97	
17/07/18	18	1,98	356,4	0,40	85	2,35	9,41	26,41	3000	25	7,9	20,04	0	100	192,40	
17/07/18	18	1,98	356,4	0,40	80	2,23	8,94	25,07	3000	25	7,9	19,99	0	100	190,21	
17/07/18	19	1,98	376,2	0,40	80	2,23	8,94	23,75	3000	25	8,2	19,95	0	100	187,99	
17/07/18	20	1,98	396	0,40	80	2,23	8,94	22,57	3000	25	8,1	19,84	0	100	186,52	
17/07/18	15	2,4	360	0,75	80	2,23	16,75	46,54	3000	25	6,4	19,3	0,02	99,34	236,10	
23/07/18	22	1,66	366,2	0,48	50	1,52	7,28	19,93	3000	25	8,3	18,74	0	100	189,95	
24/07/18	9	1,71	153,9	0,39	40	1,28	4,98	32,37	3000	33	3	20,54	0	100	200,25	
24/07/18	6	1,71	102,6	0,39	15	0,68	2,65	25,82	3000	22	2	20,82	0	100	185,95	
24/07/18	15	1,9	285	0,45	15	0,68	3,06	10,73	3000	22	6,4	18,3	0,06	97,07	176,12	
25/07/18	12	1,76	211,2	0,38	35	1,16	4,40	20,83	3000	33	4,2	20,53	0	100	178,40	
31/07/18	10	1,58	158	0,40	15	0,68	2,72	17,20	3000	30	4,9	19,97	0	100	175,39	
31/07/18	10	1,58	158	0,40	15	0,68	2,72	17,20	3000	25	5,2	19,21	0	100	181,04	
31/07/18	15	2,2	330	0,47	35	1,16	5,44	16,49	3000	25	6,4	18,7	0,03	98,75	183,74	

Tabela D.7 - Registro Parâmetros Processuais com PE em Emulsão durante o mês de Agosto.

Dia	Caudal Lama	MS Lama Digerida	Carga Massica	MS PE	Consignia Bomba PE	Caudal de PE	Consumo de PE	Dose Teórica de PE	Va	Bilário	Vlr	MS Lama Desidratada	Escorência Desidratação	Taxa de Captura	Custo Total	Custo Total Inabittins
	[m3/h]	[%]	[kg/h]	[%]	[%]	[m3/h]	[kgPE/h]	[kgPE/tonMS]	[rpm]	[%]	[rpm]	[%]	[%]	[%]	[€/tonMS]	[€/tonMS]
01/08/18	12	1,46	175,2	0,38	60	1,76	6,67	38,08	3000	20	2,1	19,94	0	100	215,28	
02/08/18	14	2,35	329	0,28	50	1,52	4,25	12,91	3000	25	6,7	18,8	0	100	176,12	
02/08/18	14	2,35	329	0,28	55	1,64	4,58	13,92	3000	30	6,1	19,96	0	100	169,24	
02/08/18	14	2,35	329	0,29	60	1,76	5,09	15,48	3000	30	6,1	20,59	0	100	167,82	
03/08/18	13	1,97	256,1	0,31	60	1,76	5,44	21,25	3000	25	5,7	20,46	0	100	179,67	
06/08/18	12	2,59	310,8	0,25	45	1,40	3,49	11,24	3000	25	6,6	18,95	0	100	171,74	
06/08/18	12	2,59	310,8	0,34	50	1,52	5,16	16,59	3000	30	6,2	20,08	0	100	173,45	
06/08/18	12	2,59	310,8	0,34	50	1,52	5,16	16,59	3000	32,5	6	20,34	0	100	171,64	
06/08/18	12	2,59	310,8	0,34	50	1,52	5,16	16,59	3000	35	5,9	20,88	0	100	168,01	
06/08/18	12	2,59	310,8	0,34	50	1,52	5,16	16,59	3000	37,5	5,8	20,93	0,02	99,32	167,69	
06/08/18	12	2,59	310,8	0,34	50	1,52	5,16	16,59	3000	40	5,9	20,92	0	100	167,75	
06/08/18	12	2,59	310,8	0,34	45	1,40	4,75	15,28	3000	40	5,9	20,71	0	100	166,65	
06/08/18	12	2,59	310,8	0,34	45	1,40	4,75	15,28	3000	42,5	5,9	21	0	100	164,75	
06/08/18	11	2,36	259,6	0,40	35	1,16	4,63	17,84	3000	45	5,7	21,66	0	100	160,61	
07/08/18	15	2,9	435	0,63	35	1,16	7,29	16,77	3000	22	6	20,27	0	100	174,50	
08/08/18	9	2,47	222,3	0,27	40	1,28	3,45	15,51	3000	35	4,6	19,13	0	100	178,46	
08/08/18	9	2,47	222,3	0,27	35	1,16	3,13	14,06	3000	35	4,7	19,46	0	100	173,17	
09/08/18	8	2,28	162,4	0,14	65	1,88	2,63	14,39	3000	25	4,3	20,18	0	100	168,58	
09/08/18	12	2,28	273,6	0,14	65	1,88	2,63	9,60	3000	30	5,6	20,24	0	100	159,04	
09/08/18	12	2,28	273,6	0,14	65	1,88	2,63	9,60	3000	35	5,4	20,31	0	100	158,56	
09/08/18	12	2,28	273,6	0,14	65	1,88	2,63	9,60	3000	40	5,3	20,4	0	100	157,94	
09/08/18	12	2,28	273,6	0,14	65	1,88	2,63	9,60	3000	42,5	5,6	20,61	0	100	156,51	
09/08/18	12	2,28	273,6	0,14	60	1,76	2,46	8,98	3000	42,5	5,4	20,65	0	100	155,08	
10/08/18	11	2,33	256,3	0,14	90	2,47	3,46	13,51	3000	35	4,6	21,18	0	100	160,23	
10/08/18	14	2,33	326,2	0,14	85	2,35	3,30	10,10	3000	35	4,7	20,79	0	100	156,28	
10/08/18	14	2,33	326,2	0,14	75	2,11	2,96	9,07	3000	37,5	4,7	20,57	0	100	155,79	
10/08/18	14	2,33	326,2	0,14	70	1,99	2,79	8,56	3000	37,5	5,9	20,51	0,01	99,61938658	155,22	
14/08/18	12	2,22	266,4	0,28	65	1,88	5,25	19,71	3000	25	5,5	19,35	0	100	184,74	
14/08/18	12	2,22	266,4	0,28	65	1,88	5,25	19,71	3000	30	4,9	20,14	0	100	178,96	
14/08/18	12	2,22	266,4	0,28	65	1,88	5,25	19,71	3000	32,5	4,9	20,38	0	100	177,29	
14/08/18	12	2,22	266,4	0,28	65	1,88	5,25	19,71	3000	35	4,8	20,62	0	100	175,66	
14/08/18	12	2,22	266,4	0,28	65	1,88	5,25	19,71	3000	37,5	4,5	21,18	0,02	99,19	172,01	
14/08/18	15	2,2	300	0,45	65	1,88	8,44	25,57	3000	35	4,8	20,7	0,02	99,15	185,267935	
16/08/18	9	2,38	214,2	0,44	55	1,64	7,20	33,61	3000	37	13,5	22,26	0	100	191,89	
20/08/18	10	2,42	242	0,35	55	1,64	5,73	23,66	3000	28	4,3	21,52	0,01	99,63	177,39	
20/08/18	10	2,42	242	0,35	50	1,52	5,31	21,93	3000	25	4,4	20,82	0,00	100	178,56	
20/08/18	10	2,42	242	0,35	50	1,52	5,31	21,93	3000	27,5	4,2	21,04	0,01	99,63	177,13	
20/08/18	10	2,42	242	0,35	50	1,52	5,31	21,93	3000	30	4,1	21,15	0	100	176,42	
20/08/18	10	2,42	242	0,35	45	1,40	4,89	20,20	3000	30	4,3	20,91	0	100	174,88	
21/08/18	12	2,47	296,4	0,53	40	1,28	6,77	22,84	3000	25	5,3	20,30	0	100	183,79	
21/08/18	12	2,47	296,4	0,53	35	1,16	6,14	20,70	3000	30	5,2	20,53	0	100	178,15	
21/08/18	9	2,47	222,3	0,53	25	0,92	4,87	21,90	3000	30	5,7	20,69	0	100	179,36	
21/08/18	9	2,47	222,3	0,53	20	0,80	4,23	19,05	3000	30	5,5	20,47	0	100	175,42	
21/08/18	9	2,6	234	0,62	20	0,80	4,95	21,17	3000	30	5,5	20	0,02	99,36	182,716521	
22/08/18	12	2,39	286,8	0,43	45	1,40	6,01	20,94	3000	30	5,2	20,47	0	100	179,02	
22/08/18	12	2,39	286,8	0,43	40	1,28	5,49	19,15	3000	35	4,8	20,73	0	100	173,87	
22/08/18	12	2,39	286,8	0,43	40	1,28	5,49	19,15	3000	37,5	4,7	21,1	0	100	171,39	
22/08/18	12	2,39	286,8	0,43	40	1,28	5,49	19,15	3000	40	4,3	21,43	0	100	169,38	
23/08/18	13	2,35	305,5	0,39	60	1,76	6,85	22,41	3000	40	5,2	21,01	0	100	178,23	



Tabela D.8 - Registro Parâmetros Processuais com PE em Emulsão durante o mês de Agosto e Setembro.

Dia	Caudal Lama	MS Lama Digerida	Carga Massica	MS PE	Consigña Bomba PE	Caudal de PE	Consumo de PE	Dose Teórica de PE	Va	Binário	Vr	MS Lama Desidratada	Escurência Desidratação	Taxa de Captura	Custo Total	Custo Total Inabims
	[m3/h]	[%]	[kg/h]	[%]	[%]	[m3/h]	[kgPE/h]	[kgPE/tonMS]	[ppm]	[%]	[ppm]	[%]	[%]	[%]	[€tonMS]	[€tonMS]
24/08/18	11	2,40	264	0,42	50	1,52	6,37	24,13	3000	35	5	21,34	0		100	179,39
24/08/18	11	2,40	264	0,42	45	1,40	5,87	22,22	3000	35	4,8	20,86	0		100	178,85
24/08/18	11	2,40	264	0,42	30	1,04	4,36	16,52	3000	35	4,7	20,74	0,01		99,63	168,80
24/08/18	11	2,40	264	0,42	35	1,16	4,86	18,42	3000	35	4,5	21,02	0		100	170,58
24/08/18	11	2,40	264	0,42	30	1,04	4,36	16,52	3000	35	4,4	20,67	0		100	169,26
24/08/18	11	2,40	264	0,42	25	0,92	3,86	14,61	3000	37,5	4,3	20,74	0,02		99,26	165,18
27/08/18	9	2,57	231,3	0,42	30	1,04	4,36	18,85	3000	25	4,6	20,22	0		100	176,77
28/08/18	8	2,53	202,4	0,39	30	1,04	4,05	20,00	3000	30	3,8	19,71	0		100	182,60
28/08/18	8	2,55	204	0,40	30	1,04	4,15	20,36	3000	40	3,9	20,43	0,02		99,31	178,18
29/08/18	8	2,55	204	0,41	30	1,04	4,26	20,66	3000	40	3,2	21,19	0		100	174
29/08/18	8	2,52	201,6	0,40	30	1,04	4,15	20,60	3000	42,5	3,1	21,55	0,01		99,65	171
30/08/18	8	2,56	204,8	0,38	25	0,92	3,49	17,04	3000	40	3,8	20,73	0		100,00	
30/08/18	8	2,56	204,8	0,38	25	0,92	3,49	17,04	3000	42,5	3,6	21,10	0,01		99,66	
04/09/18	9	2,59	233,1	0,39	35	1,16	4,52	19,37	3000	32,5	4,8	19,6	0		100,00	182,21
04/09/18	9	2,59	233,1	0,39	35	1,16	4,52	19,37	3000	35	4,4	19,7	0		100,00	
05/09/18	9	2,70	243	0,42	35	1,16	4,86	20,01	3000	37,5	4,7	20,8	0,03		99,03	181,95
05/09/18	9	2,70	243	0,42	35	1,16	4,86	20,01	3000	40	4,6	21	0,02		99,35	173,73
06/09/18	9	2,80	252	0,51	30	1,04	5,29	21,01	3000	42,5	4,4	22,6	0,02		99,37	166,03
06/09/18	9	2,80	252	0,51	30	1,04	5,29	21,01	3000	45	4,4	22,7	0,01		99,69	165,47